

JP1999326665A

1999-11-26

Bibliographic Fields

Document Identity

(19)【発行国】

日本国特許庁(JP)

(12)【公報種別】

公開特許公報(A)

(11)【公開番号】

特開平11-326665

(43)【公開日】

平成11年(1999)11月26日

Public Availability

(43)【公開日】

平成11年(1999)11月26日

Technical

(54)【発明の名称】

光導波路、およびその製造方法

(51)【国際特許分類第6版】

G02B 6/122

6/13

【FI】

G02B 6/12 A

M

【請求項の数】

10

【出願形態】

OL

【全頁数】

17

Filing

【審査請求】

未請求

(21)【出願番号】

特願平10-137031

(22)【出願日】

(19) [Publication Office]

Japan Patent Office (JP)

(12) [Kind of Document]

Unexamined Patent Publication (A)

(11) [Publication Number of Unexamined Application]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 11 - 326665

(43) [Publication Date of Unexamined Application]

1999 (1999) November 26 days

(43) [Publication Date of Unexamined Application]

1999 (1999) November 26 days

(54) [Title of Invention]

**OPTICAL WAVEGUIDE、AND ITS
MANUFACTURING METHOD**

(51) [International Patent Classification, 6th Edition]

G02B 6/122

6/13

[FI]

G02B 6/12 A

M

[Number of Claims]

10

[Form of Application]

OL

[Number of Pages in Document]

17

[Request for Examination]

Unrequested

(21) [Application Number]

Japan Patent Application Hei 10 - 1370 31

(22) [Application Date]

JP1999326665A

1999-11-26

平成10年(1998)5月19日

1998 (1998) May 19 days

Parties

Applicants

(71)【出願人】

(71) [Applicant]

【識別番号】

[Identification Number]

000000295

000000295

【氏名又は名称】

[Name]

沖電気工業株式会社

**OKI ELECTRIC INDUSTRY CO. LTD. (DB
69-057-3522)**

【住所又は居所】

[Address]

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

Tokyo Prefecture Minato-ku Toranomom 1-7-12

Inventors

(72)【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】

[Name]

荒川 富行

Arakawa Tomiyuki

【住所又は居所】

[Address]

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

Inside of Tokyo Prefecture Minato-ku Toranomom 1-7-12 Oki Electric Industry Co. Ltd. (DB 69-057-3522)

Agents

(74)【代理人】

(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

【弁理士】

[Patent Attorney]

【氏名又は名称】

[Name]

大垣 孝

Ogaki Takashi

Abstract

(57)【要約】

(57) [Abstract]

【課題】

[Problems to be Solved by the Invention]

光導波路のコアと、円形または楕円形の光導波路との接続において、接続損失を低減する。

At time of connecting with core of optical waveguide and optical waveguiding layer of round or elliptical, connection loss is decreased.

【解決手段】

[Means to Solve the Problems]

光導波路 28 の基板 12 の表面に溝 36 を設けることにより、基板 12 の上側に設けられた下部クラッド層 18 は、その表面に溝 36 に沿った谷状の窪み 38 を有する構造となる。

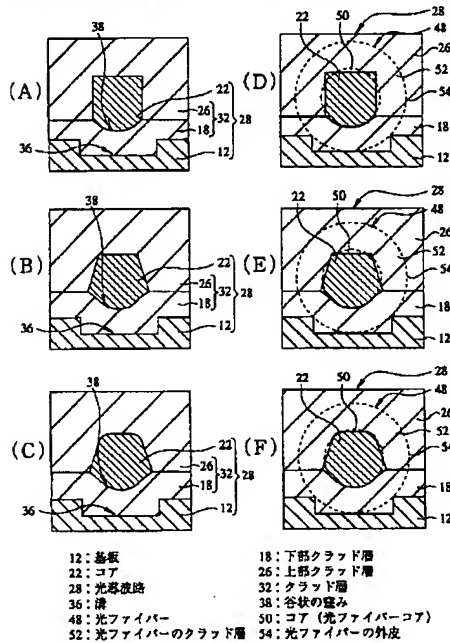
bottom cladding layer 18 which is provided in topside of substrate 12 by providing the slot 36 in surface of substrate 12 of optical waveguide 28, becomes structure which possesses cavity 38 of valley condition which parallels to the slot 36 in surface.

更に、その谷状の窪み 38 に沿ってコアが設けられていることにより、コア下側部分(コア 22 の下部クラッド層 18 と対向する部分)は窪みの形状を反映した曲面となる。

Furthermore, core underside portion (portion which opposes with bottom cladding layer 18 of core 22) becomes curved surface which reflects shape of cavity due to fact that core is provided alongside the cavity 38 of valley condition.

それにより、光導波路 28 のコア 22 とその光導波路 28 に接続される円形または楕円形の光導波層との形状の違いによる接続損失を低減する。

また、光ファイバー 48 を接続する場合、上述の溝 36 を光ファイバー装着溝としても用いることで、光導波路 28 のコア 22 と光ファイバー 48 のコア 50 とが、自己整合的に位置合わせがなされ、接続損失を低減することができる。



第1～第3の実施の形態の光導波路

Claims

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上側に下部クラッド層、コアおよび上部クラッド層を有する光導波路において、

前記基板の表面に設けられていて、前記コアの下側に位置する溝と、

前記下部クラッド層の表面に、該溝に沿って谷状に設けられた窪みと

を有しており、

前記コアは、前記窪みに沿ってリッジ状に設けられており、

該コアの、前記下部クラッド層と対向する下側の面が前記窪みを反映した曲面であることを特徴

With that, connection loss is decreased in difference of shape of core 22 of optical waveguide 28 and optical waveguiding layer of round or elliptical which is connected to optical waveguide 28.

In addition, when optical fiber 48 is connected, with above-mentioned slot 36 as optical fiber mount slot by fact that it uses, core 22 of optical waveguide 28 and core 50 of optical fiber 48, you can do to self-aligning the alignment, can decrease connection loss.

[Claim(s)]

[Claim 1]

In optical waveguide which possesses bottom cladding layer, core and upper part cladding layer in topside of substrate,

Being provided in surface of aforementioned substrate, slot which is position of underside of aforementioned core and,

In surface of aforementioned bottom cladding layer, is provided in valley condition alongside said slot cavity which

We have possessed,

Aforementioned core to be provided in ridge condition alongside aforementioned cavity,

It is a curved surface to which aspect of underside which opposes, with the aforementioned bottom cladding layer of

とする光導波路。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光導波路において、

前記コアの、前記上部クラッド層と対向する部分が前記下部クラッド層から前記上部クラッド層の方向に先細のメサ形状であることを特徴とする光導波路。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光導波路において、

前記コアの先細の先端角部は、なだらかな曲面となっていることを特徴とする光導波路。

【請求項 4】

請求項 1~3 のいずれか一つに記載の光導波路において、

前記コアの断面であって該コアの延在方向に垂直な断面の形状は、該断面と重なり合う部分と重なり合わない部分とを生じる真円であってかつ重なり合わない部分の面積が最小となるような当該真円を、該断面と重ねて考えた場合、該断面と該真円との重なり合わない部分の面積の総和が、該真円の全面積の最大でも 14%となる形状とすることを特徴とする光導波路。

【請求項 5】

請求項 1~4 のいずれか一つに記載の光導波路において、

前記コアと前記下部および上部クラッド層とのいずれか一方または双方は、酸化シリコンを含んでなることを特徴とする光導波路。

【請求項 6】

請求項 1~4 のいずれか一つに記載の光導波路において、

前記溝を光ファイバーの装着用の溝とすることを特徴とする光導波路。

【請求項 7】

溝を基板の表面に形成する第 1 工程と、該溝を含む該基板の上に、下部クラッド層の表面に前記溝に沿った谷状の窪みを有する当該下部クラ

said core reflects aforementioned cavity and optical waveguide. which is made feature

[Claim 2]

In optical waveguide which is stated in Claim 1 ,

portion which opposes, with aforementioned upper part cladding layer of theaforementioned core from aforementioned bottom cladding layer is mesa shape of the point in direction of aforementioned upper part cladding layer and optical waveguide. which is made feature

[Claim 3]

In optical waveguide which is stated in Claim 2 ,

optical waveguide. where tip angle section of point of aforementioned core has become gentle curved surface and makes feature

[Claim 4]

In optical waveguide which is stated in any one of Claim 1~3,

With cross section of aforementioned core in extension direction of said core as for shape of perpendicular cross section, said cross section and stacking and, repeatingkind of this said true circle which surface area of portion which is not piled upbecomes minimum, with said cross section with true circle which causes the portion which is not piled up with portion which is agreeable when youthought, sum of surface area of portion which is not piled upwith said cross section and said true circle, optical waveguide. which it makes shape which becomes 14% even with the maximum of entire surface area of said true circle and makes feature

[Claim 5]

In optical waveguide which is stated in any one of Claim 1~4,

optical waveguide. where any one of aforementioned core and theaforementioned bottom and upper part cladding layer or both parties become and,including silicon oxide, make feature

[Claim 6]

In optical waveguide which is stated in any one of Claim 1~4,

optical waveguide. which designates aforementioned slot as slot formount of optical fiber and makes feature

[Claim 7]

On said substrate which includes first step. said slot which forms slot in the surface of substrate, second step. which forms this said bottom cladding layer which possesses cavity

ッド層を形成する第 2 工程と、

該下部クラッド層の上に、コア層を形成する第 3 工程と、

前記コア層をエッチングすることにより、前記谷状の窪みに沿ったリッジ状のコアを形成する第 4 工程と、

前記下部クラッド層および前記コアを覆うように、上部クラッド層を形成する第 5 工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光導波路の製造方法において、

前記第 4 工程は、前記コア層の上面にコア形成用レジストパターンを形成したのち、該コア形成用レジストパターンを用いて、前記コア層を異方性エッチングすることにより、前記下部クラッド層から上方に向けて先細のメサ形状のコアを形成する工程であることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の光導波路の製造方法において、

前記第 4 工程は、前記メサ形状の前記コアに対して、前記コア形成用レジストパターンを除去したのち、等方性エッチングをすることにより、該メサ形状の先端角部がなだらかな曲面となるように形成する工程であることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 10】

請求項 7 に記載の光導波路の製造方法において、

前記コア層およびクラッド層(前記下部クラッド層および前記上部クラッド層)のいずれか一方または双方は、トリエトキシシラン(Triethoxysilane)を原料ガスに用いた化学気相成長法により酸化シリコンを含む層として形成されることを特徴とする光導波路の製造方法。

Specification

【発明の詳細な説明】

【0001】

of valley condition which parallels to theaforementioned slot in surface of bottom cladding layer

On said bottom cladding layer, third step. which forms core layer

4 th step. which form core of ridge condition which parallels to cavity of aforementioned valley condition by etching doing theaforementioned core layer

In order to cover aforementioned bottom cladding layer and aforementioned core, manufacturing method. of optical waveguide which includes 5 th step which form the upper part cladding layer and makes feature

[Claim 8]

In manufacturing method of optical waveguide which is stated in Claim 7 ,

Aforementioned 4 th step after forming resist pattern for core formation in upper surface of aforementioned core layer, are step which forms the core of mesa shape of point making use of resist pattern for said core formation,by anisotropic etching doing aforementioned core layer, from aforementioned bottom cladding layer destined for upward direction and manufacturing method. of optical waveguide which is made feature

[Claim 9]

In manufacturing method of optical waveguide which is stated in Claim 8 ,

Aforementioned 4 th step in order to become curved surface where the tip angle section of said mesa shape is gentle after removing resist pattern for theaforementioned core formation vis-a-vis aforementioned core of theaforementioned mesa shape, by doing isotropy etching, are step which is formed and manufacturing method. of optical waveguide which is made feature

[Claim 10]

In manufacturing method of optical waveguide which is stated in Claim 7 ,

any one of aforementioned core layer and cladding layer (Aforementioned bottom cladding layer and aforementioned upper part cladding layer) or both partiesare formed as layer which includes silicon oxide due to chemical vapor deposition method which uses triethoxysilane (Triethoxysilane) for starting material gas manufacturing method. of optical waveguide which is made feature

[Description of the Invention]

[0001]

【発明の属する技術分野】

この発明は、光導波路、特に、光ファイバーとの整合性に優れた光導波路およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】

従来より、光導波路が光スプリッタや光スイッチなどの光波回路を構成するものとして利用されている。

【0003】

この発明の説明に先立ち、従来より行われている光導波路の製造方法である火炎加水分解堆積法につき説明する。

火 炎 加 水 分 解 堆 積 (Flame Hydrolysis Deposition 以下単に FHD と略称する)によるガラス膜の形成と、反応性イオンエッチングとを組み合わせた製造方法が、文献 1(プレーナ光波回路技術 NTT R&D Vol.40、No.2、1991、第199~204 頁)に開示されている。

【0004】

図 10 は、文献 1 に開示されている、石英系光導波路の従来の製造方法の説明に供する製造工程図である。

【0005】

まず、四塩化シリコンなどを酸水素バーナ 10 の酸水素炎中で加水分解して得られた酸化シリコン微粒子を、シリコンウェハなどの基板 12 上に堆積させる。

最初に下部クラッド層となるガラス微粒子層 14 を堆積させ、続いてコア層となるガラス微粒子層 16 を堆積させる。

その際、コアの屈折率はクラッド層の屈折率よりも若干高くしておく必要が有るため、コア層となるガラス微粒子層 16 にゲルマニウムなどを含ませるようにしても良いし、或いは下部クラッド層となるガラス微粒子層 14 に屈折率を低くする物質を含ませるようにしても良い(図 10(A))。

【0006】

次に、基板 12 上に堆積された、下部クラッド層となるガラス微粒子 14 およびコア層となるガラス微粒子層 16 を透明ガラス化するために、電気炉中などで高温(約 1200 deg C)で加熱する。

[Technological Field of Invention]

This invention optical waveguide, especially, regards optical waveguide and its manufacturing method which are superior in conformity of optical fiber.

【0002】

[Prior Art]

From until recently, it is utilized optical waveguide as optical splitter and those which form optical switch or other lightwave circuit.

【0003】

It precedes explanation of this invention, it explains concerning flame hydrolysis deposition technique which is a manufacturing method of optical waveguide which is done from until recently.

manufacturing method which combines formation and reactive ion etching of glass film with flame hydrolysis accumulation (Below Flame Hydrolysis deposition FHD it abbreviates simply.), is disclosed in literature 1 (planar lightwave circuit technology NTT R&D Vol.40, No. 2, 1991, 19th 9~204 page).

【0004】

It is a production process diagram where Figure 10 is disclosed in literature 1, offers to the explanation of conventional manufacturing method of quartz-based optical waveguide.

【0005】

First, hydrolysis doing tetrachloride silicon etc in acid hydrogen flame of acid hydrogen burner 10, it accumulates silicon oxide microparticle which it acquires, on silicon wafer or other group board 12.

Accumulating glass fine particle layer 14 which becomes bottom cladding layer first, continuously it accumulates glass fine particle layer 16 which becomes core layer.

At that occasion, index of refraction of core because it is necessary to make high somewhat in comparison with index of refraction of cladding layer, to make germanium etc glass fine particle layer 16 include which becomes core layer is good and, or to make substance include which makes index of refraction low in glass fine particle layer 14 which becomes bottom cladding layer it is good, (Figure 10 (A)).

【0006】

In order transparent vitrification to do glass fine particle layer 16 which becomes glass microparticle 14 and the core layer which next, were accumulated on substrate 12, become bottom cladding layer, at electric furnace middle class is heated with high temperature (Approximately 1200 deg C)

この加熱処理によって、それぞれのガラス微粒子層が、下部クラッド層 18 とコア層 20 とに変わる(図 10(B))。

【0007】

続いて、コア層 20 を加工するためにフォトリソグラフィによりレジストパターンを形成したのち、反応性イオンエッチング法などを用いてエッチングを行う。

このエッチングによって、図のように矩形のまたは矩形に近い断面形状を有するコア 22 が形成される(図 10(C))。

【0008】

次に、前述の FHD 法により、コア 22 と下部クラッド層 18 とを覆うように、上部クラッド層となるガラス微粒子層 24 を堆積させる(図 10(D))。

【0009】

最後に、上部クラッド層となるガラス微粒子層 24 を、上述と同様に、電気炉中などで高温で加熱する。

この加熱処理によって、上部クラッド層となるガラス微粒子層 24 が上部クラッド層 26 となる(図 10(E))。

【0010】

以上の工程により、光導波路 28 が形成される。

【0011】

また、従来より利用されてきた光導波路は、典型的には上述の光導波路のように、平坦な基板の上側に下部クラッド層が設けられている。

そして、平坦な下部クラッド層の上側にコアが設けられていることおよびコアの側壁が垂直となるように異方性エッチングされることでコアの断面が矩形となっており、そのコアと下部クラッド層とを覆うように上部クラッド層が設けられている構造を具えている。

【0012】

また、このような光導波路と光ファイバーとの、従来の接続方法としては、文献 II(静電駆動による光ファイバーアライメント機構、1991 年電子情報通信学会秋季大会講演予稿集、C-160、第 4-190 頁)に開示されているような方法があった。

heated with high temperature (Approximately 1200 deg C).

With this heat treatment , respective glass fine particle layer, changes from to bottom cladding layer 18 and core layer 20, (Figure 10 (B)).

[0007]

Consequently, etching is done in order to process core layer 20 after forming resist pattern with photolithography , making use of reactive ion etching method etc.

With this etching , as in figure rectangular or core 22 which possesses cross section shape which is close to rectangular is formed (Figure 10 (C)).

[0008]

In order next, to cover core 22 and bottom cladding layer 18 with the aforementioned FH Method D , glass fine particle layer 24 which becomes upper part cladding layer is accumulated (Figure 10 (D)).

[0009]

Lastly, glass fine particle layer 24 which becomes upper part cladding layer, in same way as the description above, at electric furnace middle class is heated with high temperature.

With this heat treatment , glass fine particle layer 24 which becomes upper part cladding layer becomes upper part cladding layer 26, (Figure 10 (E)).

[0010]

By step above, optical waveguide 28 is formed.

[0011]

In addition, as for optical waveguide which is utilized from until recently, in typical like above-mentioned optical waveguide, bottom cladding layer is provided in topside of planar substrate.

In order and, for side wall of thing and core where core is provided in topside of planar bottom cladding layer to become vertical, in order for cross section of core to have become rectangular by fact that the anisotropic etching it is done, to cover core and bottom cladding layer it has structure where upper part cladding layer is provided.

[0012]

In addition, there was a kind of method which is disclosed in literature II (With electrostatic drive optical fiber alignment mechanism、 1991 Institute of Electronics, Information and Communications Engineers Fall meeting lecture abstracts、 C-160、 4th-190 page) as this kind of optical waveguide and, conventional connecting method of optical fiber.

簡単に要約すると、シリコンウェハの(111)面を利用したV溝を形成し、次に、そのV溝と光ファイバーの外皮とに電極を設けて、それらの電極に電圧を印加することで、光ファイバーを2次元的に動かしてアライメントをするという装着法である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、光ファイバーや上述のような光導波路などで構成される光伝送システムなどにおいて、光の伝送損失を低減させることが望まれている。

光ファイバーと光導波路との接続部における光の接続損失が伝送損失の大きな原因となっている。

【0014】

接続損失は、光ファイバーおよび光導波路のそれぞれのコアの光軸の角度ずれまたは位置ずれに起因する光の漏れによる第1の損失と、それらのコアの端面の形状の違いから必然的に生じる非平衡面からの光の漏れによる第2の損失と、それらコア同士の断面形状の違いに起因するモード変換による第3の損失との3種類に分けて考えることができる。

【0015】

上述のような矩形の断面形状のコアを有する光導波路と、一般的に広く用いられている円形の光ファイバーとの接続においては、コア同士の端面の形状の違いによりこのような第1、第2および第3の光の接続損失が生じる。

【0016】

また、光伝送には、光信号の伝達方向が一方方向である単方向の伝送と、両方向である双方向の伝送とがある。

通常、単方向の伝送においては、出力側のコアの端面が、入力側のコアの端面を完全に包含する形状および大きさとして、第1および第2の損失を低減している。

しかし、双方向の伝送においては、単方向の場合と違って、両方向に光信号が伝搬するため、そのように光の接続損失を低減することはできない。

【0017】

When it summarizes simply, forming V groove which utilizes (111) face of silicon wafer, next, in V groove and sheath of optical fiber providing electrode, by fact that applying it does voltage, moving optical fiber to 2 dimensional in those electrode it is a mount method that it does alignment.

[0013]

[Problems to be Solved by the Invention]

By way, transport loss of light is decreased is desired in the optical transmission system etc which is formed with optical fiber and optical waveguide etc an above-mentioned way.

It has become cause whose connection loss of light in the connector of optical fiber and optical waveguide transport loss is large.

[0014]

With a leak of light from non- abutting aspect which with a leak of light where connection loss slips and, angle of optical axis of respective core of optical fiber and optical waveguide or originates in the positional deviation it occurs inevitably from difference of shape of the endface of first loss and those core second loss and, Dividing into 3 kinds of loss of third with mode conversion which originates in difference of cross section shape of those core, you think, it is possible .

[0015]

At time of connecting with optical waveguide and optical fiber possesses the core of cross section shape of rectangular an above-mentioned way of round which which is widely used generally, connection loss of light of this kind of first, second and third occurs due to difference of shape of endface of core.

[0016]

In addition, there is a transmission of both directions which is a transmission and a both directions of single direction where transmission direction of light signal is one direction in the light transport .

endface of core of output side, has decreased loss of the first and second as shape and size which include endface of core of input side completely, usually, regarding transmission of single direction.

But, in order light signal propagation to do in both directions different from case of single direction regarding transmission of both directions,, that way it is not possible to decrease connection loss of light.

[0017]

従って、単方向または双方向によらず、上述の第 1 の損失を生じることが多く、かつ上述の第 3 の損失も生じやすい。

また、特に双方向の場合は第 2 の損失を生じることが多かった。

光ファイバーはコアの断面形状が円形のものが広く用いられており、そのような光ファイバーと上述した従来の光導波路との接続を行う場合、一方が矩形で、かつもう一方が円形となってしまうためである。

そのように両者のコアの断面形状の違いにより、上述したような第 1、第 2 および第 3 の損失が引き起こされていた。

【0018】

例えば、従来の光導波路では、光導波路のコアの断面が矩形であったため、真円形の断面形状のコアを有する光ファイバーとの接続に際して、それらコアを最大に衝合させても非衝合面の面積の和の、その真円形の全面積に対する割合が、18.34%よりも大きくなってしまっていた。

この割合は、真円形の断面形状を有する光ファイバーとの接続に際し、第 2 の損失の程度を示していると考えることができる。

【0019】

一方、光導波路に光ファイバーを接続する場合、前述したように静電駆動によるアライメント機構がある。

この従来の接続法においては、高精度の光ファイバーの実装が可能であるが、その形成工程の煩雑さにより、量産性が低かった。

その上、形成後に調芯を行う必要があるため、実用性に欠けていた。

【0020】

従って、従来より、断面形状の違いにより生じる第 2 および第 3 の損失のいずれか一方または双方を低減した光導波路が望まれていた。

また、コア同士の位置合わせのずれから生じる第 1 の損失を低減した接続が可能な光導波路が望まれていた。

【0021】

【課題を解決するための手段】

Therefore, it does not depend on single direction or both directions, causes above-mentioned first loss is many, at same time also loss of above-mentioned third is easy to occur.

In addition, in case of especially both directions second loss is caused, was many.

When as for optical fiber cross section shape of core is used connects those of round widely, with that kind of optical fiber and conventional optical waveguide which the description above is done, being a rectangular on one hand, is at same time because another becomes round.

That way loss of first, second and third an above-mentioned way with difference of cross section shape of core of both, was pulled up.

【0018】

Because with for example conventional optical waveguide, cross section of core of optical waveguide was the rectangular, abutting those core in maximum at time of connection with optical fiber which possesses core of cross section shape of perfectly round, for, entire surface area of perfectly round of sum total of surface area of non-abutting aspect ratio, had become large in comparison with 18.34%.

As for this ratio, you think that extent of second loss has been shown at time of connection with optical fiber which possesses the cross section shape of perfectly round, it is possible.

【0019】

On one hand, when optical fiber is connected to optical waveguide, as mentioned earlier, there is a alignment mechanism with electrostatic drive.

Regarding this conventional conjunctive, mount of optical fiber of high precision is possible, but mass productivity was low with complexity of formation process.

Because it is necessary to do centering on that and after forming, it was insufficient in practicality.

【0020】

Therefore, from until recently, it depended on difference of the cross section shape and any one of loss of second and third which it occurs or optical waveguide which decreases both parties was desired.

In addition, optical waveguide where connection which decreases first loss which it occurs from gap of alignment of core is possible was desired.

【0021】

[Means to Solve the Problems]

この目的を達成するため、この発明の光導波路によれば、基板の上側に下部クラッド層、コアおよび上部クラッド層を有する光導波路において、前述の基板の表面に設けられていて、前述のコアの下側に位置する溝と、前述の下部クラッド層の表面に、その溝に沿って谷状に設けられた窪みとを有しており、前述のコアは、その窪みに沿ってリッジ状に設けられており、そのコアの、下部クラッド層と対向する下側の面がその窪みを反映した曲面であることを特徴とする。

【0022】

このような構成の光導波路は、例えば、以下に記載する製造方法により得られる。

【0023】

この発明の光導波路の製造方法によれば、溝を基板の表面に形成する第 1 工程と、その溝を含む基板の表面上に、下部クラッド層の表面にその溝に沿った谷状の窪みを有する当該下部クラッド層を形成する第 2 工程と、その下部クラッド層の上に、コア層を形成する第 3 工程と、そのコア層をエッチングすることにより、前述の谷状の窪みに沿ったリッジ状のコアを形成する第 4 工程と、その下部クラッド層およびそのコアを覆うように、上部クラッド層を形成する第 5 工程とを含むことを特徴とする。

【0024】

なお、リッジ状のコアとは、コアが下部クラッド層の上側に突設されて、線条の光導波層となっているものを指す。

【0025】

このような構成の光導波路およびその製法によれば、基板の表面に溝が設けられていることから、基板上に設けられた下部クラッド層がその溝に沿って谷状の窪みを有しており、そのため谷状の窪みの上側に沿って設けられたコアは、コア下側部分(コアの一部であって、かつ下部クラッド層と対向する部分のこと、以下この定義に従う)が曲面となるように設けられている。

従って、この光導波路と接続予定の光導波層の断面形状、或いは典型的に言うところの円または楕円の断面形状を有する光ファイバーのコアの断面形状に、より近い断面形状のコアを有する光導波路を得ることができるため、すなわち、コア同

In order to achieve this objective, being provided in surface of the aforementioned substrate according to optical waveguide of this invention, in the optical waveguide which possesses bottom cladding layer, core and upper part cladding layer in topside of the substrate, in surface of slot and aforementioned bottom cladding layer which is position of underside of aforementioned core, We have possessed cavity which is provided in valley condition alongside slot, aforementioned core is provided in ridge condition alongside cavity, it is a curved surface to which aspect of underside which opposes, with bottom cladding layer of core reflects the cavity, makes feature.

【0022】

optical waveguide of this kind of constitution is acquired by manufacturing method which is stated below for example .

【0023】

According to manufacturing method of optical waveguide of this invention, on surface of substrate which includes slot of first step. which forms slot in surface of substrate, on bottom cladding layer of second step. which forms the this said bottom cladding layer which possesses cavity of valley condition which parallels to slot in surface of bottom cladding layer, in etching doing core layer of third step. which forms core layer depending, In order to cover bottom cladding layer and its core of 4 th step. which form the core of ridge condition which parallels to cavity of aforementioned valley condition, 5 th step which form upper part cladding layer are included, it makes feature.

【0024】

Furthermore, core of ridge condition, core being installed in topside of bottom cladding layer, it points to those which reach optical waveguiding layer of wire.

【0025】

According to optical waveguide and its production method of this kind of constitution, from fact that slot is provided in surface of substrate, as for core which bottom cladding layer which is provided on substrate has possessed cavity of valley condition alongside slot, because of that is provided alongside topside of cavity of valley condition, In order for core underside portion (At portion of core, you follow, this definition below portion which at same time opposes with bottom cladding layer) to become curved surface, it is provided.

Therefore, when you call to cross section shape, or typical of optical waveguiding layer of this optical waveguide and connection schedule, because optical waveguide which possesses core of cross section shape which is closer to cross section shape of core of optical fiber which possesses cross

士の端面の形状の違いを緩和することができるため、モード変換による第 3 の損失を低減することができ、或いは更に、第 2 の損失を低減することができる。

【0026】

より好適には、この発明の光導波路によれば、前述のコアの、前述の上部クラッド層と対向する部分(以下、コア上側部分と略称することもある)が前述の下部クラッド層から上部クラッド層の方向に先細のメサ形状であると良い。

【0027】

なお、メサ形状のコアとは、コアの延在方向に垂直な断面形状が、例えば台形のようなものである。

【0028】

このような構成の光導波路を製造するには、好ましくは、前述の第 4 工程を、前述のコア層の上面にコア形成用レジストパターンを形成したのち、そのコア形成用レジストパターンを用いて、コア層を異方性エッチングすることにより、前述の下部クラッド層から上方に向けて先細のメサ形状のコアを形成する工程とするのが良い。

【0029】

この構成によれば、コア上側部分が先細のメサ形状となるように設けられているので、コアの断面形状が、この光導波路と接続予定の光導波層の断面形状、或いは典型的には円または楕円の断面形状を有する光ファイバーのコアの形状に更に近くなるため、前述の第 3 の損失或いは更に第 2 の損失を低減することができる。

【0030】

より好適には、前述のコアの先細の先端角部は、なだらかな曲面となっているのが良い。

【0031】

このため、前述の第 4 工程では、好ましくは、前述のメサ形状の前述のコアに対して、前述のコア形成用レジストパターンを除去したのち、等方性エッチングをすることにより、そのメサ形状の先端角部がなだらかな曲面となるように形成するのが良い。

section shape of circle or ellipse, can be acquired, because difference of shape of endface of the namely, core can be eased, Loss of third is decreased with mode conversion to be possible, or furthermore, second loss can be decreased.

【0026】

More ideally, according to optical waveguide of this invention, when portion (Below, core upper side amount there are also times when it abbreviates.) which opposes, with aforementioned upper part cladding layer of aforementioned core from aforementioned bottom cladding layer is mesa shape of point indirection of upper part cladding layer it is good.

【0027】

Furthermore, core of mesa shape, perpendicular cross section shape, is those like the for example trapezoid in extension direction of core.

【0028】

optical waveguide of this kind of constitution is produced, it is good to make step which forms core of mesa shape of point preferably, aforementioned 4 th step, after forming resist pattern for core formation in the upper surface of aforementioned core layer, making use of resist pattern for core formation, by anisotropic etching doing core layer, from aforementioned bottom cladding layer destined for upward direction.

【0029】

According to this constitution, in order for core upper side amount to become mesa shape of point, because it is provided, because cross section shape of core, in cross section shape, or typical of optical waveguiding layer of this optical waveguide and connection schedule furthermore it becomes close in shape of the core of optical fiber which possesses cross section shape of circle or ellipse, Loss of aforementioned third or furthermore second loss can be decreased.

【0030】

More ideally, as for tip angle section of point of the aforementioned core, it is good to become gentle curved surface.

【0031】

Because of this, with aforementioned 4 th step, in order to become curved surface where tip angle section of mesa shape is gentle after removing resist pattern for aforementioned core formation vis-a-vis the aforementioned core of preferably, aforementioned mesa shape, by doing the isotropy etching, it is good to form.

[0032]

この構成によれば、先細のメサ形状であるコアの先端角部がなだらかな曲面によって構成されるため、このコアの断面形状が、この光導波路と接続予定の光導波層の形状、典型的には円または楕円の断面形状を有する光ファイバーのコアの形状に、更に近くなる。

従って、前述の第 3 の損失、或いは更に第 2 の損失の低減を見込むことができる。

[0033]

また、ここで説明した光導波路において、前述のコアの断面であってそのコアの延在方向に垂直な断面の形状は、その断面と重なり合う部分と重なり合わない部分とを生じる真円であってかつ重なり合わない部分の面積が最小となるような当該真円を、その断面と重ねて考えた場合、その断面と真円との重なり合わない部分の面積の総和が、その真円の全面積の最大でも 14%となる形状とするのが好適である。

[0034]

なお、ここでいう真円とは、円形の光ファイバーのコア(以下、光導波路および光ファイバーのコアの混同を避けるため、光ファイバーのコアを、単に光ファイバーコアと略称することもある)を想定して便宜的に用いた仮想的概念である。

それは、光導波路と円形または楕円形のコアを有する光ファイバーとの接続を行う場合に、それらコア同士が最大に衝合し合うように接合したとき、それらコア同士の非衝合面の面積の総和、すなわち非衝合面における光漏れの程度を示す目安として用いた。

[0035]

上述の構成の光導波路では、コアの形状が矩形であって、かつその一辺が円の曲面にほぼ等しい曲面となっているため、既に説明した従来の 18.34%の約四分の一にあたる 4.56%にあたる非衝合面を低減できることが見込める。

すなわち、この構成の光導波路においては、 $18.34 - 4.56 = 13.78\%$ 、切り上げて 14%が、非衝合面の面積の総和の、真円の面積に対する最大の割合となる。

[0036]

[0032]

According to this constitution, because it consists curved surface where tip angle section of core which is a mesa shape of point is gentle, cross section shape of this core, in shape of core of the optical fiber which possesses cross section shape of circle or ellipse, furthermore becomes close in shape, typical of optical waveguiding layer of this optical waveguide and connection schedule.

Therefore, loss of aforementioned third, or furthermore decrease of second loss is anticipated, it is possible.

[0033]

In addition, in optical waveguide which is explained here, with cross section of aforementioned core in extension direction of core as for shape of perpendicular cross section, cross section and stacking and, repeating kind of this said true circle which surface area of portion which is not piled up becomes minimum, with cross section with true circle which causes portion which is not piled up with portion which is agreeable when you thought, sum of surface area of portion which is not piled up with the cross section and true circle, making shape which becomes 14% even with the maximum of entire surface area of true circle is ideal.

[0034]

Furthermore, true circle referred to here, supposing core (In order below, to avoid confusion of core of optical waveguide and optical fiber, core of optical fiber, there are also times when optical fiber core is abbreviated simply.) of the optical fiber of round, is hypothetical concept which is used inconveniently.

As for that, when with optical waveguide and optical fiber which possesses the core of round or elliptical you connect, in order for those core to abut in maximum, when connecting, sum, of surface area of non-abutting aspect of those core namely it used as criterion which shows the extent of light leak in non-abutting aspect.

[0035]

With optical waveguide of above-mentioned constitution, shape of core being rectangular, because it becomes curved surface where at same time one edge is almost equal to curved surface of circle, non-abutting aspect which hits to 4.56% where it hits approximately to 1/4 of the conventional 18.34% which is already explained can anticipate can be decreased.

Regarding optical waveguide of this constitution of namely,, $18.34 - 4.56 = 13.78\%$, closing, 14%, becomes maximum ratio for, surface area of the true circle of sum of surface area of non-abutting aspect.

[0036]

このように、形状の違いに起因する非衝合面が少なくなることで、光の漏れが少なくなり、接続損失を低減することができる。

また、光導波路のコアと光ファイバーなどの円形または楕円形の光導波層との断面形状の違いが緩和されるため、モード変換による接続損失も低減することができると考えられる。

【0037】

また、前述のコアと前述の下部クラッド層および上部クラッド層とのいずれか一方または双方は、酸化シリコンを用いて形成してあるのが、より好適である。

従って、これらコアや各クラッド層を酸化シリコンのみで形成しても良いし、或いは酸化シリコンを一構成成分として含ませて形成しても良い。

【0038】

酸化シリコンは光の伝搬損失が小さく、および一般的に用いられている光ファイバーは酸化シリコンを主成分としている。

従って、光導波路の構成材料として酸化シリコンを用いると、光導波路のコア内での光の吸収による伝搬損失と、光ファイバーおよび光導波路のコアの接点における接続損失とを低減した光導波路の実現が可能となる。

或いは、酸化シリコンの加工技術が発達していることから、より微細な加工が可能となるため、光導波路の一般的な特性の向上を望むことができる。

【0039】

また、この場合、好ましくは、前述のコア層と前述の下部クラッド層および上部クラッド層とのいずれか一方または双方は、トリエトキシシラン (Triethoxysilane 以下 TRIES と略称することもある) を原料ガスに用いた化学気相成長法により酸化シリコンを含む層として形成すると良い。

この構成によると、モノシランなどを原料ガスに用いる場合に比べ、TRIES を用いる場合、基板に、より近くでの化学反応が中心となり反応が進行するため、中間生成物などのパーティクルが、形成される層の中に混入しにくくなり、それらパーティクルによる伝搬損失が低減されるからである。

【0040】

This way, by fact that non- abutting aspect which originates indifference of shape decreases, a leak of light decreases, candecrease connection loss.

In addition, because difference of cross section shape of core of the optical waveguide and optical waveguiding layer of optical fiber or other round or elliptical is eased, it is thought that it candecrease also connection loss with mode conversion.

【0037】

In addition, any one of aforementioned core and theaforementioned bottom cladding layer and upper part cladding layer or as for both parties,, it is moreideal to be formed making use of silicon oxide.

Therefore, is good forming these core and each cladding layer with only the silicon oxide it is good forming and, or as one ingredient making silicon oxide include.

【0038】

As for silicon oxide propagation loss of light small, optical fiber where andgenerally is used has designated silicon oxide as main component.

Therefore, as constituent material of optical waveguide, when silicon oxide is used,actualization of optical waveguide which decreases connection loss in the contact point of core of propagation loss and optical fiber and optical waveguide withabsorption of light inside core of optical waveguide becomes possible.

Or, because from fact that fabrication technology of silicon oxide has advanced,compared to microscopic processing becomes possible, improvement of the general characteristic of optical waveguide is desired, it is possible .

【0039】

In addition, in this case, any one of preferably、aforementioned core layer and aforementioned bottom cladding layer and upper part cladding layer or both parties when itforms due to chemical vapor deposition method which uses triethoxysilane (TRIES below Triethoxysilane there are also times when it abbreviates.) for starting material gas as thelayer which includes silicon oxide are good.

When, monosilane etc is used for starting material gas with this constitution, whencomparing and TRIES are used, in substrate, being soon, the chemical reaction to become center, because reaction advances, intermediate product or other particle, tobecome difficult to mix in layer which is formed, because the propagation loss is decreased with those particle .

【0040】

また、上述の光導波路の、前述の溝を光ファイバー装着用の溝とすると好適である。

【0041】

この構成の光導波路によれば、基板表面であってコアの下側に設けられている溝を光ファイバー装着用の溝として用いる。

それにより、光導波路および光ファイバーのコア同士が、自己整合的に光軸を合わせるように設けることが可能である。

よって、それらコアの角度ずれや位置ずれが低減され、前述の第 1 の損失を低減することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下、図を参照して、この発明の実施の形態につき説明する。

なお、図中、各構成成分の大きさ、形状および配置関係は、この発明が理解できる程度に概略的に示してあるにすぎず、また、以下に説明する数値的条件は単なる例示にすぎないことを理解されたい。

【0043】

図 1~図 9 は、この発明の光導波路の実施の形態の説明に供する図である。

図 1(A)~図 1(C)はこの発明のそれぞれの光導波路の断面の切り口を示した図であって、また図 1(D)~図 1(F)はそれら図 1(A)~図 1(C)に示した光導波路と光ファイバーとを接続したときの、それぞれ順次に図 1(A)~図 1(C)に対応する図である。

図 1(D)~図 1(F)は、図を分かり易くするため、光導波路を実線で、光ファイバーを破線で示した。

また、図 2 はこの発明の光導波路と光ファイバーとの装着例を説明する図で、図 2(A)は装着前の光導波路を示す斜視図、および図 2(B)は光ファイバーと光導波路との装着状態を示す斜視図である。

ただし、図 2 において、光導波路のコアの断面形状を図 1(A)に示した光導波路のコアとして示している。

また、図を分かり易くするため上部クラッド層を形成する以前の状態で示してある。

In addition, when, aforementioned slot of above-mentioned optical waveguide is designated as slot for optical fiber mount, it is ideal.

【0041】

According to optical waveguide of this constitution, it uses slot which with substrate surface is provided in underside of core as slot for optical fiber mount.

With that, in order core of optical waveguide and optical fiber, to adjust optical axis to self-aligning, it provides, it is possible.

Depending, angle gap and positional deviation of those core can be decreased, can decrease aforementioned first loss.

【0042】

[Embodiment of the Invention]

Below, referring to figure, you explain concerning this Embodiment of Invention.

Furthermore, as for size, shape and positional relationship of in the diagram, each ingredient, in extent which can understand this invention in conceptual it only is shown, in addition, numerical condition which is explained below is no more than a mere illustration, you understood to be.

【0043】

Figure 1~Figure 9 is figure which is offered to explanation of the embodiment of optical waveguide of this invention.

Figure 1 (A) - as for Figure 1 (C) in figure which shows cut of cross section of respective optical waveguide of this invention, in addition Figure 1 (D) - Figure 1 (F) when those Figure 1 (A) - connecting optical waveguide and optical fiber which are shown in Figure 1 (C), Figure 1 (A) - is the figure which corresponds to Figure 1 (C) in respective sequential.

Figure 1 (D) - Figure 1 (F), in order figure to make easy to understand, optical waveguide with solid line, showed optical fiber with dashed line.

In addition, as for Figure 2 in optical waveguide of this invention and the figure which explains mount example of optical fiber, as for Figure 2 (A) as for oblique view, and Figure 2 (B) which show optical waveguide before mounting it is a oblique view which shows dressed state of optical fiber and the optical waveguide.

However, it has shown as core of optical waveguide which shows cross section shape of core of optical waveguide in Figure 1 (A) in Figure 2.

In addition, in order figure to make easy to understand, before forming upper part cladding layer, it is shown with

また、図 3~図 9 は、この発明の光導波路の製造方法の説明に用いる図であって、図 2(D)の α - α 線に沿って切って取った断面の切り口を示す図と、図 2(D)の β - β 線に沿って切って取った断面の切り口を示す図とを、同一工程が隣りあうように並べて示した図である。

例えば、図 1 において、横に並べて示している (A)と(F)とは同一の工程における、それぞれ前述した α - α 断面および β - β 断面を示している。

【0044】

1. 第 1 の実施の形態

以下、図 1(A)を参照して、光導波路の第 1 の実施の形態につき説明する。

【0045】

この図 1 の構成例では、光導波路 28 は、基板 12 の上側に下部クラッド層 18、コア 22 および上部クラッド層 26 を有する。

この基板 12 の表面にコア 22 の下側に沿った溝 36 が設けられている。

下部クラッド層 18 は、基板 12 とは反対側の表面に、谷状の窪み 38 が設けられている。

この場合、この窪み 38 は溝 36 と対向して、この溝 36 に沿って設けられている。

コア 22 は、その谷状の窪み 38 の上側に沿って設けられていることにより、コア下側部分(コア 22 の一部であって下部クラッド層 18 と対向する部分)が、下部クラッド層 18 の表面のその谷状の窪み 38 の形状を反映した曲面となっている。

【0046】

このような光導波路の構造であれば、コア下側部分が、曲面となっている。

このため、この光導波路のコアと、この光導波路と接続を行う相手側の光導波層、例えば典型的には光ファイバーの円形または楕円形のコアとの形状の違いが緩和される。

従って、モード変換による損失および非衝合面からの光漏れによる損失を低減することができる。

state.

In addition, Figure 3~Figure 9, in figure which is used for the explanation of manufacturing method of optical waveguide of this invention, figure which shows cut of cross section which is taken the;be -ray the;be in figure and Figure 2 (D) which show cut of cross section which is taken the;al -ray the;al of Figure 2 (D) - alongside finishing - alongside finishing, in order same step next door リ to meet, arranging, is figure which shows.

In for example Figure 1, arranging into side, it has shown, (A) with (F) with in same step, the;al which you mention earlier respectively - the;al cross section and the;be - it has shown the;be cross section.

[0044]

1. first embodiment

Below, referring to Figure 1 (A), you explain concerning first embodiment of optical waveguide.

[0045]

With configuration example of this Figure 1, as for optical waveguide 28, it possesses bottom cladding layer 18, core 22 and upper part cladding layer 26 in topside of substrate 12.

slot 36 which parallels to underside of core 22 in surface of this substrate 12 is provided.

As for bottom cladding layer 18, substrate 12 in surface of opposite side, cavity 38 of valley condition is provided.

In this case, this cavity 38 opposing with slot 36, is provided alongside this slot 36.

As for core 22, core underside portion (portion which opposes with bottom cladding layer 18 at portion of core 22), has become curved surface which reflects shape of cavity 38 of that valley condition of surface of the bottom cladding layer 18 by being provided alongside topside of cavity 38 of valley condition.

[0046]

If it is a structure of this kind of optical waveguide, core underside portion, has become the curved surface.

Because of this, core and this optical waveguide of this optical waveguide and optical waveguiding layer of counterpart side which connects, difference of shape of the core of round or elliptical of optical fiber is eased to for example typical.

Therefore, with mode conversion loss can be decreased with light leak from loss and non- abutting aspect.

[0047]

2.第2の実施の形態

次に、図1(B)を参照して、光導波路の第2の実施の形態につき、説明する。

[0048]

この光導波路28は、コア上側部分(コア22の一部であって上部クラッド層26と対向する部分)が、下部クラッド層18の側から上部クラッド層26の方向に先細のメサ形状となっている。

このメサ形状は、例えば、コア22の断面が等脚台形などに代表される形状である。

[0049]

このような光導波路の構造であれば、コア22の下部クラッド層18と対向する部分、すなわちコア下側部分の表面形状が、曲面となっている。

この表面形状は、この光導波路のコアと光導波層、例えば光ファイバーのコアとの形状の違いが緩和されるような、形状となっている。

これに加え、コア上側部分が、上述のようなメサ形状となっている。

このことから、光導波路のコアの断面形状と光ファイバーコアの断面形状との形状の違いが、より一層、緩和される。

以上のことにより、モード変換による損失、および非衝合面からの光漏れによる損失を低減することができる。

[0050]

3.第3の実施の形態

次に、図1(C)を参照して、光導波路の第3の実施の形態につき、説明する。

[0051]

この光導波路28は、上部クラッド層26と対向するコア22の一部が、先細のメサ形状となっており、かつコア22の上部クラッド層26と向き合う先端角部の形状が、なだらかな曲面となっている。

この先細のメサ形状は、第2の実施の形態で既に説明したとおりの形状とする。

[0052]

このような光導波路の構造であれば、コア下側部分の形状が、曲面となっている。

[0047]

2.second embodiment

Next, referring to Figure 1 (B), you explain concerning second embodiment of optical waveguide.

[0048]

As for this optical waveguide 28, core upper side amount (portion which opposes with upper part cladding layer 26 at portion of core 22), from side of bottom cladding layer 18 has become mesa shape of point in direction of upper part cladding layer 26.

This mesa shape is shape where cross section of for example core 22 is represented in isopod trapezoid etc.

[0049]

If it is a structure of this kind of optical waveguide, surface profile of portion、namely core underside portion which opposes with bottom cladding layer 18 of core 22, has become the curved surface.

As for this surface profile, core and optical waveguiding layer of this optical waveguide, it seems that difference of shape of core of for example optical fiber is eased, it has become shape.

In addition to this, core upper side amount, has become mesa shape as above-mentioned way.

From now on, difference of shape of cross section shape of core of optical waveguide and cross section shape of optical fiber core is eased, further, .

Due to especially above, it can lose with mode conversion, and can decrease loss with light leak from non- abutting aspect.

[0050]

embodiment of 3.third

Next, referring to Figure 1 (C), you explain concerning embodiment of third of optical waveguide.

[0051]

As for this optical waveguide 28, one part of core 22 which opposes with the upper part cladding layer 26, has become mesa shape of point, at same time upper part cladding layer 26 of core 22 shape of tip angle section to face, has become the gentle curved surface.

mesa shape of this point, as already explained with second embodiment, makes shape.

[0052]

If it is a structure of this kind of optical waveguide, shape of core underside portion, has become curved surface.

この表面形状は、この光導波路のコアと光導波路層、例えば光ファイバーコアとの形状の違いが緩和されるような、形状となっている。

これに加え、コア上側部分が、先細のメサ形状であり、かつその先端角部がなだらかな曲面となっている。

以上により、モード変換による損失、および非衝突面からの光漏れによる損失を低減することができる。

【0053】

4.第4の実施の形態

この構成例では、上述した第1~第3の実施の形態にて説明した光導波路を構成するコア22と、下部クラッド層18および上部クラッド層26とのいずれか一方または双方を酸化シリコンで形成する。

【0054】

コア22のみを酸化シリコンで形成しても良いし、クラッド層のみを酸化シリコンで形成しても良いし、またはコアとクラッド層とを酸化シリコンで形成しても良い。

酸化シリコンは光の伝搬損失が小さいこと、一般的に広く用いられている光ファイバーは酸化シリコンを主成分としていること、または酸化シリコンの加工技術が発達していることが知られている。

この事実から、光導波路の形成に酸化シリコンを用いると、コア内での光の吸収による伝搬損失を低減でき、また、光ファイバーと光導波路とのコア同士の接点における屈折率の違いから生じる散乱などによる接続損失を低減できる。

【0055】

5.第5の実施の形態

次に、図1および図2を参照して、また、上述の第1~第3の実施の形態で説明した光導波路を構成する溝を光ファイバー装着用の溝として用いる構成例につき、その実施の形態を説明する。

【0056】

なお、図1(D)~図1(F)は、図1(A)~図1(C)の光導波路の溝に光ファイバーを装着した場合の図で、光軸方向から見て、どのように接続されるかを分かり易くするため、光ファイバーを破線で示している。

As for this surface profile, core and optical waveguiding layer of this optical waveguide, it seems that difference of shape of for example optical fiber core is eased, it has become shape.

In addition to this, core upper side amount, with mesa shape of point, has become curved surface where at same time tip angle section is gentle.

With above, it can lose with mode conversion, and can decrease loss with light leak from non-abutting aspect.

【0053】

4.4 embodiment of the

With this configuration example, it forms both of core 22 and with any one or silicon oxide of bottom cladding layer 18 and upper part cladding layer 26 which form optical waveguide which is explained with embodiment of first~third which description above is done.

【0054】

It is good forming only core 22 with silicon oxide and, it is good forming only cladding layer with silicon oxide and, or it is good forming the core and cladding layer with silicon oxide.

As for silicon oxide propagation loss of light being small, optical fiber which is widely used generally has designated silicon oxide as main component, or the fabrication technology of silicon oxide has advanced, it is known.

When from this fact, silicon oxide is used for formation of optical waveguide, with absorption of light inside core be able to decrease the propagation loss, in addition, connection loss can be decreased with such as optical fiber and scattering which it occurs from difference of index of refraction in contact point of core of optical waveguide.

【0055】

5.5 embodiment of the

Next, referring to Figure 1 and Figure 2, in addition, embodiment is explained the slot which forms optical waveguide which is explained with embodiment of the above-mentioned first~third as slot for optical fiber mount concerning the configuration example which it uses.

【0056】

Furthermore, Figure 1 (D) - Figure 1 (F), in order to make easy to understand Figure 1 (A) - in figure when optical fiber is mounted in slot of optical waveguide of Figure 1 (C), how it is connected considered as optical axis direction, has shown optical fiber with dashed line.

図 2(C)および図 2(D)は、図 2(A)に示した光ファイバー装着前の光導波路の、それぞれ正面から、および上面から見た図である。

なお、図 2 において、図を分かり易くするため上部クラッド層を除いて図を示している。

【0057】

この構成例では、光導波路 28 の基板の表面にある溝 36 を光ファイバー装着用の溝として用いる。

【0058】

上述したこの発明の光導波路 28 は、コア下側部分が曲面となっているので、光導波路のコアと光ファイバーコアとは、従来よりも形状の違いが緩和されている。

このため、円形の光ファイバーコア 50 を具える光ファイバー 48 との接続は、従来よりも良好となっていることは上述したとおりである。

【0059】

光導波路 28 のコア 22 は、溝 36 の上に沿って、かつその溝 36 とコア 22 との中心軸が平行となるように設けられている。

その溝 36 がコア 22 が設けられていない部分(図 2(D)における β - β 断面を含む部分)とコア 22 が設けられている部分(図 2(D)における α - α 断面を含む部分)とを有する構造となる。

その一つの溝に対して、光導波路のコアと光ファイバーとが対向して配されることとなり、自己整合的に光導波路と光ファイバーとが接続できることとなる。

【0060】

なお、光導波路のコアの延在方向に直交かつ基板面に平行な方向に対しては、それらコア断面の対称性などにも依るが、必然的に光導波路および光ファイバーを、これら両方のコアが最大に重なり合うように、設置することができる。

また、基板面に垂直な方向に対しては、光導波路の下部クラッド層の厚さなどを調節することにより、光導波路および光ファイバーを、双方のコアが最大に重なり合うように、位置決めできる。

Figure 2 (C) and Figure 2 (D), from respective front plane of optical waveguide before optical fiber mounting which is shown in Figure 2 (A), and is the figure which was seen from upper surface.

Furthermore, in order figure to make easy to understand, in the Figure 2, figure has been shown excluding upper part cladding layer.

[0057]

With this configuration example, it uses slot 36 which for surface of substrate of optical waveguide 28 is as slot for optical fiber mount.

[0058]

Because as for optical waveguide 28 of this invention which description above is done, core underside portion has become curved surface, core and optical fiber core of optical waveguide, difference of shape is eased in comparison with past.

Because of this, as for connection with optical fiber 48 which has optical fiber core 50 of round, as for becoming satisfactory in comparison with past as description above done, is.

[0059]

core 22 of optical waveguide 28 is provided at same time in order for the slot 36 and center axis of core 22 to become parallel alongside on the slot 36.

slot 36 portion where core 22 is not provided (The; be in Figure 2 (D) - portion which includes the; be cross section) with it becomes structure which possesses portion (The; al in Figure 2 (D) - portion which includes the; al cross section) where core 22 is provided.

Vis-a-vis slot of one, core and optical fiber of optical waveguide opposing, it comes to point of with being allotted, it means with to be able to connect to self-aligning optical waveguide and optical fiber.

[0060]

Furthermore, in extension direction of core of optical waveguide only crossing it depends on substrate surface even in symmetric etc of those core cross section vis-a-vis parallel direction, but in order inevitable optical waveguide and optical fiber, for core of these both stacking to be agreeable in maximum, it can install.

In addition, in order optical waveguide and optical fiber, both core the stacking to be agreeable in maximum by adjusting thickness etc of the bottom cladding layer of optical waveguide vis-a-vis vertical direction in substrate surface,, registration it is possible.

[0061]

また、光ファイバーの外皮(図 1(D)~図 1(F)に、破線で示してある)54 が溝 36 によって、溝 36 の内側の複数の箇所から線支持されるようにすると良い。

或いは、溝 36 で光ファイバーの外皮 54 を支持する構造(図 1(D)などに示す)ではなく、光ファイバーコア 50 を支持する構造(図示せず)をとっても良い。

なお、光ファイバーが楕円形の場合でも、同様の構造をとることができることは明らかである。

[0062]

このように、光導波路 28 のコア下側部分(コア 22 の下部クラッド層 18 と対向する部分)を曲面とするための溝 36 を、光ファイバー装着用の溝としても用いることにより、少なくとも両方のコアの光軸の角度のずれを低減できる。

更に、光軸のコアの延在方向に垂直な方向の位置ずれも低減できる。

よって、光ファイバーと光導波路との接続損失を低減することができる。

[0063]

6.第 6 の実施の形態

次に、図 3~図 7 を参照して、第 1 の実施の形態にて説明した光導波路の好ましい製造方法の一例として、光導波路の製造方法の実施の形態につき説明する。

[0064]

図 3~図 7 は、この製造方法の説明に供する図であって、図 2(D)の α - α 線に沿って切って取った断面の切り口を示す図と、図 2(D)の β - β 線に沿って切って取った断面の切り口を示す図とを、同一工程が隣りあうように並べて示した図である。

例えば、図 3 において、横に並べて示している(A)と(F)とは同一の工程における、それぞれ前述した α - α 断面および β - β 断面を示している。

[0065]

最初に、第 1 工程として、基板 12 の表面に溝 36 を形成する。

このため、先ず基板 12 を用意する(図 3(A)およ

[0061]

In addition, sheath of optical fiber (Figure 1 (D) - in Figure 1 (F), it is shown with dashed line.) 54 being slot 36, when the line it tries to be supported from site of multiple of inside of slot 36, it is good.

Or, it is not a structure (It shows in Figure 1 (D) etc.) which supports sheath 54 of optical fiber with slot 36, it is good taking structure (not shown) which supports optical fiber core 50.

Furthermore, it is clear, to take similar structure even with when the optical fiber is elliptical and to be possible .

[0062]

This way, with slot 36 in order to designate core underside portion (portion which opposes with bottom cladding layer 18 of core 22) of the optical waveguide 28 as curved surface, as slot for optical fiber mount gap of angle of optical axis of core of both can be decreased at least by using.

Furthermore, it can decrease also positional deviation of vertical direction in extension direction of core of optical axis.

Depending, it can decrease connection loss of optical fiber and the optical waveguide.

[0063]

6.6 embodiment of th

Next, referring to Figure 3~Figure 7, you explain as one example of manufacturing method where optical waveguide which you explain with first embodiment is desirable, concerning embodiment of manufacturing method of optical waveguide.

[0064]

Figure 3~Figure 7, in figure which is offered to explanation of this manufacturing method, figure which shows cut of cross section which is taken the; be -ray the; be in figure and Figure 2 (D) which show the cut of cross section which is taken the; al -ray the; al of Figure 2 (D) - alongside finishing - alongside finishing, in order same step nextdoor り to meet, arranging, is figure which shows.

In for example Figure 3, arranging into side, it has shown, (A) with (F) with insame step, the; al which you mention earlier respectively - the; al cross section and the; be - it has shown the; be cross section.

[0065]

First, slot 36 is formed in surface of substrate 12 as first step.

Because of this, substrate 12 is prepared first (Figure 3 (A))

び図 3(F))。

次に、基板 12 の上にレジスト 30 を塗布する(図 3(B)および図 3(G))。

続いて、形成されるべき溝のパターンを象った溝形成用マスク 40 を、基板 12 との位置合わせを行った後、矢印 58 で示すように基板面に垂直な方向に、上方から、露光する(図 3(C)および図 3(H))。

次に、露光されたレジスト 30 の部分を除去して、溝形成用レジストパターン 34 を形成する(図 3(D)および図 3(I))。

次に、矢印 60 に示すような、基板面に垂直な方向から、露出している基板面に異方性エッチングを行って(図 3(E)および図 3(J))、溝 36 を基板 12 の表面に形成する(図 4(A)および(E))。

【0066】

しかしながら、第 1 の実施の形態(第 1 の実施の形態に限らず、第 2 および第 3 の実施の形態)の光導波路の溝 36 は、図示例の製造方法によらなくとも、周知の方法を用いて、例えばプレス加工などを用いての加工形成、または結晶面を利用したウェットエッチングを用いての加工形成などにより形成しても良い。

【0067】

また、溝 36 の形状および寸法については、光導波路 28 に接続予定の円形または楕円形の光導波層と形状的に整合するような曲面を有するようにコア下側部分が設けられるような、形状および寸法で良い。

このように溝 36 を、光ファイバー 48 を装着する溝としても用いる場合、複数の点で光ファイバー 48 が支持されるような形状を有していれば好適である。

例えば、図 1(D)~図 1(F)のように、矩形の断面形状の溝として、かつ溝の底および溝の両側で光ファイバー 48 が支持されるような形状とすると好適である。

【0068】

続いて、第 2 工程として、溝 36 を含む基板 12 の上に、下部クラッド層 18 の表面に、溝 36 に沿った谷状の窪み 38 を有するように当該下部クラッド層 18 を形成する(図 4(B)および図 4(F))。

なお、下部クラッド層 18 の材料および形成方法

and Figure 3 (F)).

Next, resist 30 coating fabric is done on substrate 12, (Figure 3 (B) and Figure 3 (G)).

Consequently, as pattern of slot which it should form theelephant つ it is mask 40 for groove formation, after doing alignment of substrate 12, shown with arrow 58, from upward direction, it exposes to the vertical direction, to substrate surface (Figure 3 (C) and Figure 3 (H)).

Next, removing portion of resist 30 which is exposed, it forms the resist pattern 34 for groove formation (Figure 3 (D) and Figure 3 (I)).

Next, it seems that is shown in arrow 60, in substrate surface from the vertical direction, doing anisotropic etching in substrate surface which has been exposed, (Figure 3 (E) and Figure 3 (J)), it forms slot 36 in surface of substrate 12 (Figure 4 (A) and (E)).

【0066】

But, even when without depending on manufacturing method of drawn example, processing formation or making use of wet etching which utilizes crystal surface it is good forming slot 36 of (Not just first embodiment, embodiment of second and third) optical waveguide of first embodiment, processing formation making use of widely known method, making use of the for example press forming etc etc with.

【0067】

In addition, in order optical waveguiding layer of round or elliptical of connectionschedule and curved surface which is adjusted in shapewise to possess in optical waveguide 28 concerning shape and dimension of slot 36, it seems that it can provide core underside portion, it is good being a shape and a dimension.

This way slot 36, as slot which mounts optical fiber 48 when it uses, if it has possessed kind of shape where optical fiber 48 is supported in point of multiple, it is ideal.

for example Figure 1 (D) - like Figure 1 (F), when it makes kind of shape where at same time optical fiber 48 is supported with bottom of the slot and both sides of slot as slot of cross section shape of the rectangular, it is ideal.

【0068】

Consequently, in order on substrate 12 which includes slot 36 as the second step, in surface of bottom cladding layer 18, to possess cavity 38 of valley condition which parallels to slot 36, this said bottom cladding layer 18 is formed (Figure 4 (B) and Figure 4 (F)).

Furthermore, concerning material and formation method of

については特に限定はないが、下地の凹凸をある程度反映することのできる材料および形成方法を採用する。

すなわち、下部クラッド層 18 の表面に、溝 36 の凹みを反映した谷状の窪み 38 が形成できて、かつその谷状の窪み 38 が、例えば光ファイバーのコアと形状的に整合するような曲面となるように形成できる材料および形成方法を用いる。

例えば、具体的な材料としては、酸化シリコンを用いたり、その他の無機酸化物を用いたり、または有機高分子などを用いることができる。

例えば、有機高分子としては、ポリメチルメタクリレート(以下、PMMA と略称する)、エポキシ、フォトレジスト、ポリウレタン、またはフッ素ポリイミド共重合体などを用いることができる。

そのような有機高分子として、光導波路を構成する材料によく使用されているのは、PMMA である。

例えば、PMMA からなる光導波路の形成方法としては、スピコート法やディップ法を用いることができる。

[0069]

光導波路は、酸化シリコンを主成分として形成すると好適である。

なぜなら、一般的な光伝送システムに用いられている光ファイバーは石英系すなわち酸化シリコンを主成分とするものが多いため、光ファイバーと同様の組成で光導波路を形成することができるからである。

それにより、光導波路と光ファイバーとの接続面における光の散乱などが低減され、接続損失が低減できる。

また、酸化シリコンを含む光導波路として形成する場合、下部クラッド層 18 の形成には、化学気相成長法(以下、CVD 法と略称することもある)などの従来周知の方法を用いることができる。

なお、FHD 法は、酸化シリコン膜を極めて平坦に堆積するという性質を有するため、表面に谷状の窪みを有するように下部クラッド層を形成できないため、適していないと考えられる。

[0070]

続いて、第 3 工程として、コア層 20 を下部クラッド層 18 の上に形成する(図 4(C)および図 4(G))。

bottom cladding layer 18 there is not especially limitation. certain extent unevenness of substrate material and formation method which can reflect are adopted.

Being able to form cavity 38 of valley condition which reflects recess of slot 36 on surface of namely, bottom cladding layer 18, at same time in order cavity 38 of that valley condition, core of for example optical fiber and curved surface which you adjust in shapewise to become, it uses material and formation method which it can form.

As for example exemplary material, or organic polymer etc can be used making use of silicon oxide, making use of other inorganic oxide.

As for example organic polymer, polymethylmethacrylate (Below, PMMA it abbreviates.), epoxy, photoresist, polyurethane, or fluorine polyimide copolymer etc can be used.

As that kind of organic polymer, fact that it is well used for material which forms optical waveguide is PMMA.

spin coating method and dip method can be used as formation method of optical waveguide which consists of for example PMMA.

[0069]

optical waveguide, when it forms silicon oxide as main component, is ideal.

Because because, optical fiber which is used for general optical transmission system optical waveguide with composition which is similar to optical fiber because those which designate quartz-based namely silicon oxide as main component are many, can form.

With that, optical waveguide and scattering etc of light in connecting surface of optical fiber can be decreased, can decrease connection loss.

In addition, when it forms, as optical waveguide which includes silicon oxide the chemical vapor deposition method (Below, CVD method there are also times when it abbreviates.) or other widely known method can be used to formation of the bottom cladding layer 18, until recently.

Furthermore, as for FHD method D, in order to possess property that, accumulates silicon oxide film in quite flat, in order to possess the cavity of valley condition in surface, because bottom cladding layer cannot be formed, it is thought that it is not suitable.

[0070]

Consequently, core layer 20 is formed on bottom cladding layer 18 as third step, (Figure 4 (C) and Figure 4 (G)).

コア層 20 の材料および形成方法としては、上述の下部クラッド層 18 よりも屈折率を高めておくこと以外の限定は特にはない。

具体的な材料としては、下部クラッド層と同じく、酸化シリコンを用いたり、その他の無機酸化物を用いたり、または有機高分子などを用いることができる。

また、下部クラッド層の形成と同じく酸化シリコンを主成分としてなるコア層、すなわち酸化シリコン自体で形成するか、または酸化シリコンと他の材料とを組み合わせた材料で形成したコア層、とするとより好適である。

なぜなら、上述のように光ファイバーのコアと同様の組成で光導波路コアを形成すると、光ファイバーと光導波路との接続面における光の散乱などによる接続損失の低減が見込めるからである。

[0071]

また、光導波路であるコアを酸化シリコンで形成した場合、酸化シリコン自体の内部の光の損失が少ないという性質によりコア内の伝搬損失も低減される。

[0072]

溝 36 を光ファイバー装着用の溝として用いる場合は、例えば、第 3 工程と第 4 工程との間に光ファイバー装着部 56 を形成する工程を行うと好適である。

[0073]

この工程は、円形または楕円形の光ファイバーコアの形状に近い形状のコアを有する光導波路を形成するというこの実施の形態の主旨からは必ずしも必要ではないが、光ファイバーの装着部を形成するための、より好適な工程である(図 4(D)および図 5(A)~図 5(D)とそれぞれに対応する図 4(H)および図 5(E)~図 5(H))。

コア層 20 の上面全面にレジスト 31 を塗布する(図 4(D)および図 4(H))。

次に、光ファイバー装着部用マスク 62 を用いて、基板面に垂直な方向の上方からレジスト 31 に対し露光を行う(図 5(A)および図 5(E)に矢印 58 で示す)。

次に、露光済みのレジスト 31 に対し現像を行って、光ファイバー装着部 56 以外の余分な箇所を覆う光ファイバー装着部用レジストパターン 42

As material and formation method of core layer 20, especially there is not limitation other than thing which raises index of refraction in comparison with above-mentioned bottom cladding layer 18 .

As exemplary material, or organic polymer etc can be used bottom cladding layer similarly, making use of silicon oxide, making use of other inorganic oxide.

In addition, when it forms with core layer, or namely silicon oxide itself which becomes with formation of bottom cladding layer and similarly silicon oxide as the main component it makes core layer, which was formed with material which combines silicon oxide and other material it is, more ideal.

Because because, above-mentioned way when optical waveguide core is formed with composition which is similar to core of optical fiber, decrease of connection you can anticipate loss with such as optical fiber and scattering of the light in connecting surface of optical waveguide.

[0071]

In addition, when core which is a optical waveguiding layer was formed with the silicon oxide, also propagation loss inside core is decreased by property that loss of light of internal of silicon oxide itself is little.

[0072]

When slot 36 when it uses, as slot for optical fiber mount step which forms optical fiber mounting part 56 between for example third step and 4 th step is done, it is ideal.

[0073]

This step is not necessary always from gist of this embodiment that forms optical waveguide which possesses core of shape which is close to shape of optical fiber core of round or elliptical. It is, from a preferred step in order to form mounting part of optical fiber, (Figure 4 (D) and Figure 5 (A) - Figure 5 (D) with Figure 4 which corresponds respectively (H) and Figure 5 (E) - Figure 5 (H)).

upper surface of core layer 20 resist 31 coating fabric is done extensively, (Figure 4 (D) and Figure 4 (H)).

It exposes in substrate surface from upward direction of vertical direction vis-a-vis the resist 31 next, making use of mask 62 for optical fiber mounting part, (Figure 5 (A) and in Figure 5 (E) it shows with arrow 58.).

Next, developing vis-a-vis exposed resist 31, it forms resist pattern 42 for optical fiber mounting part which covers excess site other than optical fiber mounting part 56 (Figure 5 (B))

を形成する(図 5(B)および図 5(F))。

次に、レジストパターン 42 をマスクとして露出しているコア層 20 および下部クラッド層 18 に対して、コア層 20 の上面に垂直な方向からエッチングを行う(図 5(C)および図 5(G)に矢印 60 で示す)。

そののち、光ファイバー装着部用レジストパターン 42 を適当な周知の方法で除去する(図 5(D)および図 5(H))。

この工程におけるエッチング法は、基板 12 と、コア層 20 および下部クラッド層 18 とを選択的にエッチングできる方法とすると好適である。

そのとき、基板 12 は実質的にエッチングをされないため簡単に基板 12 の溝 36 を露出させることができる。

例えば、コア層およびクラッド層が、酸化シリコンを含む層として形成されていて、基板にシリコンウェハを用いている場合は、 CHF_3 などのシリコンと酸化シリコンとの選択性を有するエッチングガスを用いると、選択的なエッチングが可能となる。

【0074】

次に、第 4 工程として、コア層 20 をエッチングすることにより、コア 22 の上側部分が谷状の窪み 38 に沿ったリッジ状となるようにコア 22 を形成する(図 6(A)~図 6(D)および図 7(A)~図 7(B)と、それぞれに対応する図 6(E)~図 6(H)および図 7(D)~図 7(E))。

図においては、レジスト 33 をコア層 20 の表面に塗布する(図 6(A)および図 6(E))。

コアのパターン形成のためのコア形成用マスク 44 を合わせてレジスト 33 に対し露光を行う(図 6(B)および図 6(F))。

露光済みのレジスト 33 に対し現像を行って、コア層 20 のコア形成予定領域のみを覆うコア形成用レジストパターン 46 を形成する(図 6(C)および図 6(G))。

次に、レジストパターン 46 から露出しているコア層 20 の部分に対して、基板面に垂直な方向から異方性エッチングを行う(図 6(D)および図 6(H))。

このエッチングにおいて、コア層 20 の材料はエッチングするが基板材料はエッチングしないという選択的エッチングを行う。

従って、光ファイバー装着部 56 となる(β - β 断面)。

and Figure 5 (F)).

Next, in upper surface of core layer 20 etching is done from vertical direction the resist pattern 42 as mask vis-a-vis core layer 20 and bottom cladding layer 18 which it has exposed, (Figure 5 (C) and in Figure 5 (G) it shows with arrow 60.).

After that, resist pattern 42 for optical fiber mounting part is removed with suitable widely known method (Figure 5 (D) and Figure 5 (H)).

As for etching method in this step, when it makes method which the selectively etching it is possible substrate 12 and core layer 20 and bottom cladding layer 18 it is ideal.

That time, substrate 12 because substantially etching is not done, can expose slot 36 of substrate 12 simply.

for example core layer and cladding layer, being formed, as layer which includes the silicon oxide when silicon wafer is used for substrate, when etching gas which possesses selectivity of CHF_3 or other silicon and silicon oxide is used, selective etching becomes possible.

[0074]

In order next, to become ridge condition where upper side amount of the core 22 parallels to cavity 38 of valley condition by doing core layer 20 as 4th step, etching, core 22 is formed (Figure 6 (A) - Figure 6 (D) and Figure 7 (A) - Figure 7 (B) with, the Figure 6 which corresponds respectively (E) - Figure 6 (H) and Figure 7 (D) - Figure 7 (E)).

Regarding figure, resist 33 coating fabric is done in surface of core layer 20, (Figure 6 (A) and Figure 6 (E)).

Vis-a-vis resist 33 together it exposes mask 44 for core formation for pattern formation of core, (Figure 6 (B) and Figure 6 (F)).

Developing vis-a-vis exposed resist 33, it forms resist pattern 46 for core formation which covers only core formation schedule domain of core layer 20 (Figure 6 (C) and Figure 6 (G)).

Next, in substrate surface anisotropic etching is done from vertical direction vis-a-vis the portion of core layer 20 which has been exposed from resist pattern 46, (Figure 6 (D) and Figure 6 (H)).

In this etching, etching it does material of core layer 20, but substrate material does selective etching that etching is not done.

Therefore, as for (The; be - in the; be cross section.) slot 36

面における)溝 36 は、選択的なエッチングをすることで実質的にエッチングされない状態にある。

または、選択的なエッチングをするのではなく、光ファイバー装着部 56 に別のレジストパターンを形成してコア層 20 に対するエッチングを行っても良い。

[0075]

第 4 工程でのエッチングは、コア層 20 を光導波層として適当な側壁形状を有するコア 22 となるように、異方性エッチングできれば良い。

具体的には、反応性イオンエッチング法や反応性イオンビームエッチング法などの異方性の高いエッチング法を用いると良い。

[0076]

このエッチングにより、コア層 20 が加工されて、谷状の窪み 38 の上に沿ったコア 22 がリッジ状に形成される(図 7(A)および図 7(D))。

また、コア層 20 がエッチングされるとき、同時に下部クラッド層 18 の一部がエッチングされることがあっても良い。

コア 22 を形成後、コア形成用レジストパターン 46 を、適当な従来周知の方法で取り除く(図 7(B))。

より好適な例として、光ファイバー 48 を装着したのち上部クラッド層を形成する場合は、上部クラッド層の形成前に、光ファイバー 48 を溝 36 に装着しておく(図 7(E))。

装着の際に、光ファイバー 48 と下地となる基板 12 などとを、例えば紫外線硬化接着剤で固定しても良い。

[0077]

続いて、第 5 工程として、上部クラッド層 26 を、下部クラッド層 18 とコア 22 とを覆うように形成する(図 7(C))。

その際、上部クラッド層 26 により光ファイバー 48 を覆うようにして形成しても良い(図 7(F))。

上部クラッド層 26 の材料は下部クラッド層と同一のものであることが好ましい。

形成方法も下部クラッド層の形成に用いた方法を用いることができる。

一般的には、上部クラッド層 26 の形成方法を下部クラッド層と同一の材料を用いて同一の形成方法および形成条件で行うと、両者の屈折率を

which becomes optical fiber mounting part 56, there is a state which etching is not done substantially by fact that the selective etching is done.

Or, it is not to do selective etching, it forms another resist pattern in optical fiber mounting part 56 and it is good doing etching for core layer 20.

[0075]

etching with 4 th step in order to become core 22 which possesses suitable side wall shape with core layer 20 as optical waveguiding layer, anisotropic etching is possible it is good.

Concretely, when etching method where reactive ion etching method and reactive ion beam etching method or other anisotropy are high is used it is good.

[0076]

By this etching, core layer 20 being processed, core 22 which parallels on cavity 38 of valley condition is formed to ridge condition (Figure 7 (A) and Figure 7 (D)).

In addition, when core layer 20 etching being done, portion of bottom cladding layer 18 is done etching simultaneously, it is good being.

core 22 after forming, resist pattern 46 for core formation, suitable is removed until recently with widely known method, (Figure 7 (B)).

From as preferred example, after mounting optical fiber 48, when upper part cladding layer is formed, before forming upper part cladding layer, optical fiber 48 is mounted in slot 36, (Figure 7 (E)).

Case of mount, it is good locking optical fiber 48 and substrate 12 etc which becomes substrate, with for example ultraviolet light curing adhesive.

[0077]

Consequently, in order upper part cladding layer 26, to cover bottom cladding layer 18 and core 22 as 5 th step, it forms (Figure 7 (C)).

At that occasion, in order to cover optical fiber 48 with upper part cladding layer 26, it is good forming, (Figure 7 (F)).

material of upper part cladding layer 26 is same ones as bottom cladding layer, it is desirable.

method which also formation method uses for formation of bottom cladding layer can be used.

General, when formation method of upper part cladding layer 26 is done with same formation method and molding condition making use of same material as bottom cladding

簡単に同一にすることができるため、より好適である。

【0078】

上述したコア層 20 とクラッド層 32 (下部クラッド層 18 および上部クラッド層 26) との一方または双方を、酸化シリコンを含む層として形成する場合は、トリエトキシシラン (Triethoxysilane。以下、TRIES と略称することもある) を原料ガスとして用いた化学気相成長法により、形成すると良い。

既に説明したように、一般的に用いられている光ファイバーが酸化シリコンを主成分としている。

このため、それに近い組成となるようにコア層 20 またはクラッド層 32 を形成すると、光導波路と光ファイバーとの接続面における光の散乱などによる接続損失の低減が見込める。

また酸化シリコンは、その加工技術が発達して微細な加工が可能であるため、各部分の形状や寸法を設計通りに形成することが容易となる。

更に、酸化シリコンを含む層の形成に、TRIES を含む原料ガスをを用いた場合は、モノシラン (SiH_4) などを原料ガスに用いる場合に比べ、より基板近くでの化学反応が中心となり進行する。

このため、伝搬損失を引き起こす中間生成物などのパーティクルが、形成される層の中に混入しにくくなる。

そのため、光導波路の伝搬損失を低減することができる。

【0079】

また、このような中間生成物のうち、酸化シリコン中の水酸化シリコン ($\text{Si}(\text{OH})_4$) による光の損失が生じるときがある。

従って、第 2 工程、第 3 工程および第 5 工程の任意の工程において、水酸化シリコンなどの不純物の除去のための熱処理を施しても良い。

【0080】

7. 第 7 の実施の形態

次に、図 3~図 6 および図 8 を参照して、第 2 の実施の形態にて説明した光導波路の好ましい製造方法の一例として、光導波路の製造方法の実施の形態につき説明する。

layer, because index of refraction of both can be made simply same, it is more ideal.

[0078]

When it forms, core layer 20 and cladding layer 32 which description above are done (bottom cladding layer 18 and upper part cladding layer 26) with one side or both parties, as layer which includes the silicon oxide when it forms triethoxysilane (Below Triethoxysilane. , TRIES there are also times when it abbreviates.) as starting material gas with chemical vapor deposition method which it uses, it is good.

As explained already, optical fiber which is used generally has designated silicon oxide as main component.

Because of this, in order to become composition which is close to that, decrease of connection you can anticipate loss with such as when core layer 20 or cladding layer 32 is formed, optical waveguide and scattering of light in the connecting surface of optical fiber.

In addition as for silicon oxide, fabrication technology having advanced, because microscopic processing is possible, shape and dimension of each portion are reformed become easy according to design.

Furthermore, case starting material gas which includes TRIES in formation of layer which includes silicon oxide, is used, when monosilane (SiH_4) etc is used for starting material gas, comparing, being substrate soon, chemical reaction becomes center and advances.

Because of this, intermediate product or other particle which causes propagation loss, becomes difficult to mix in layer which is formed.

Because of that, propagation loss of optical waveguide can be decreased.

[0079]

In addition, when loss of light occurs with hydroxide silicon ($\text{Si}(\text{OH})_4$) among this kind of intermediate product and in silicon oxide, it is.

Therefore, in step of option of second step. third step and 5th step, it is good administering thermal processing for removing hydroxide silicon or other impurity.

[0080]

7.7 embodiment of the

Next, referring to Figure 3~Figure 6 and Figure 8, you explain as one example of manufacturing method where optical waveguide which you explain with second embodiment is desirable, concerning embodiment of manufacturing method of optical waveguide.

【0081】

第6の実施の形態の説明に用いた図3~図6と、それに続く図8とは、この製造方法の説明に供する図であって、図8も前述した図7と同じく、 α - α 線および β - β 線に沿って切って取った断面の切り口を示す図とを、同一工程が隣りあうように並べて示した図である。

【0082】

この光導波路の製造方法の発明は、第6の実施の形態における製造方法の変形例であって、その特徴的な部分は第4工程である。

そのため、それ以外の工程の説明は、既に説明した方法を適用できるので、その説明を省略する。

【0083】

この光導波路の製造方法の発明によれば、第4工程として、コア層20の上面にコア形成用レジストパターン46を形成したのち、コア形成用レジストパターン46を用いて、コア層20を異方性エッチングする。

それにより、下部クラッド層18から上方すなわち上部クラッド層の形成予定領域に向けて、先細のメサ形状のコアが形成される(図6(D)および図8(A)と図6(H)および図8(B)とを参照)。

その後、既に説明した第5工程を行って、上部クラッド層26を形成する(図8(C))。

また、同様に、上部クラッド層26により光ファイバー48を覆うように形成しても良い(図8(F))。

【0084】

なお、このとき、第6の実施の形態にて行ったエッチングよりも低い異方性を有するエッチングをする必要がある。

そのためには反応性イオンエッチング法や反応性イオンビームエッチング法などのエッチング法により異方性エッチングを行い、かつエッチングガスの選択や装置内の圧力などのエッチング条件を適当に定めることで、異方性を調節すれば良い。

なお、後述する実施例において、先細のメサ形状のコアの形成の条件の一例を示している。

of optical waveguide.

【0081】

Figure 8 which follows that with Figure 3~Figure 6 which is used for the explanation of embodiment of 6th, in figure which is offered to explanation of this manufacturing method, figure which shows cut of the cross section which is taken the; be -ray Figure 7 which Figure 8 is mentioned earlier similarly, the; al - the; al -ray and the; be -alongside finishing, in order same step next door り to meet, arranging, is figure which shows.

【0082】

As for invention of manufacturing method of this optical waveguide, with modified example of the manufacturing method in embodiment of 6th, characteristic portion is 4th step.

Because of that, because explanation of step other than that can apply method which is already explained, that explanation is abbreviated.

【0083】

core layer 20 anisotropic etching is done according to invention of manufacturing method of this optical waveguide, as 4th step, after forming resist pattern 46 for core formation in the upper surface of core layer 20, making use of resist pattern 46 for core formation.

With that, from bottom cladding layer 18 destined for formation schedule domain of upward direction namely upper part cladding layer, core of mesa shape of point is formed (Figure 6 (D) and Figure 8 (A) with Figure 6 (H) and you refer to the Figure 8 (B)).

After that, doing 5th step which are already explained, it forms the upper part cladding layer 26 (Figure 8 (C)).

In addition, in order in same way, to cover optical fiber 48 with the upper part cladding layer 26, it is good forming, (Figure 8 (F)).

【0084】

Furthermore, it is necessary to do etching which possesses low anisotropy this time, in comparison with etching which was done with the embodiment of 6th.

For that anisotropic etching is done with reactive ion etching method and reactive ion beam etching method or other etching method and by fact that if at same time pressure or other etching condition while selecting and equipment of etching gas is decided suitably, anisotropy is adjusted, it is good.

Furthermore, one example of condition of formation of core of the mesa shape of point has been shown in Working

状のコアの形成の条件の一例を示している。

なお、上述の第 3 工程と第 4 工程との間に光ファイバー装着部 56 を形成する工程があっても良い。

【0085】

8. 第 8 の実施の形態

次に、図 3~図 6 および図 9 を参照して、第 3 の実施の形態にて説明した光導波路の好ましい製造方法の一例として、光導波路の製造方法の実施の形態につき説明する。

【0086】

第 6 の実施の形態の説明に用いた図 3~図 6 と、それに続く図 9 とは、この製造方法の説明に供する図であって、図 9 も前述した図 7 と同じく、 α - α 線および β - β 線に沿って切って取った断面の切り口をそれぞれ示す図とを、同一工程が隣りあうように並べて示した図である。

【0087】

この光導波路の製造方法の発明は、第 7 の実施の形態における製造方法の変形例であって、その特徴的な部分は第 4 工程である。

そのため、それ以外の工程の説明は、既に説明した方法を適用できるので、その説明を省略する。

【0088】

この光導波路の製造方法の発明によれば、第 4 工程として、メサ形状のコア 22 を、前述のコア形成用レジストパターン 46 を除去したのち、等方性エッチングする。

それにより、メサ形状のコア 22 の先端角部がなだらかな曲面となる。

このとき、第 7 の実施の形態にて説明した光導波路におけるコアよりも少し大きめのコアを形成したのち(図 9(A)および図 9(E))、等方的にエッチングすることにより(図 9(B)および図 9(F))、メサ形状のコア 22 の先端角部がなだらかな曲面とすることができる(図 9(C)および図 9(G))。

その後、第 5 工程として、上部クラッド層 26 をコア 22 と下部クラッド層 18 とを覆うように形成する(図 9(D))。

Example which it mentions later.

Furthermore, step which forms optical fiber mounting part 56 between the above-mentioned third step and 4 th step is good being.

[0085]

8.8 embodiment of the

Next, referring to Figure 3~Figure 6 and Figure 9, you explain as one example of manufacturing method where optical waveguide which you explain with embodiment of the third is desirable, concerning embodiment of manufacturing method of optical waveguide.

[0086]

Figure 9 which follows that with Figure 3~Figure 6 which is used for the explanation of embodiment of 6 th, in figure which is offered to explanation of this manufacturing method, figure which shows cut of the cross section which is taken the; be -ray Figure 7 which Figure 9 is mentioned earlier similarly, the; al - the; al -ray and the; be -alongside finishing respectively, in order same step next door to meet, arranging, is figure which shows.

[0087]

As for invention of manufacturing method of this optical waveguide, with modified example of the manufacturing method in embodiment of 7 th, characteristic portion is 4 th step.

Because of that, because explanation of step other than that can apply method which is already explained, that explanation is abbreviated.

[0088]

According to invention of manufacturing method of this optical waveguide, as 4 th step, the core 22 of mesa shape is done, after removing resist pattern 46 for the aforementioned core formation, isotropy etching.

With that, it becomes curved surface where tip angle section of core 22 of mesa shape is gentle.

This time, after a little forming core of rather large, in comparison with core in optical waveguide which is explained with the embodiment of 7 th (Figure 9 (A) and Figure 9 (E)), by etching doing in isotropic (Figure 9 (B) and Figure 9 (F)), it can make curved surface where tip angle section of core 22 of mesa shape is gentle (Figure 9 (C) and Figure 9 (G)).

After that, upper part cladding layer 26 in order to cover core 22 and bottom cladding layer 18, is formed as 5 th step, (Figure 9 (D)).

また、前述の例と同様に、上部クラッド層 26 は、光ファイバー 48 を覆うように形成しても良い(図 9(H))。

【0089】

第 7 の実施の形態にて説明したような異方性エッチングにより、先細のメサ形状のコアを形成したのち、そのコアに対して等方的なエッチングを施す。

それは、均一に加工切除されるという等方性エッチングの性質と、角の突出した部分がより多く加工切除されるというエッチングの性質とを利用したものである。

それにより、コアをメサ形状としたのち、等方的エッチングを施すという簡単な方法で、角の突出した部分をなだらかな曲面とすることができる。

【0090】

また、上述した第 1~第 3 の実施の形態における光導波路において、光導波路のコア 22 の断面形状は、その断面と最大に重なり合う真円を考えた場合、その断面と真円との重なり合わない部分の面積の和が、最大でもその真円の 14% となる。

このように非衝合面が従来に比べ低減されるため、接続部分における断面形状の違いから不可避免的に生じていた光漏れが抑えられて、接続損失が低減できると言える。

【0091】

【実施例】

以下、実施例により、上述の第 2 の実施の形態に記載の光導波路を、実際に形成した例があるので、その形成方法につき、具体的に説明する。

なお以下の実施例で述べる使用装置や、使用材料や、数値条件はこの発明の範囲内の一例に過ぎない。

したがって、この発明は、以下の使用装置や、使用材料や、数値条件に限定されない。

なお、ここでは、コア上側部分が先細のメサ形状であるコアを有する光導波路の製造を行った。

【0092】

In addition, in same way as aforementioned example, in order to cover optical fiber 48, it is good forming upper part cladding layer 26, (Figure 9 (H)).

【0089】

isotropic etching is administered after forming core of mesa shape of the point with kind of anisotropic etching which is explained with embodiment of 7 th, vis-a-vis core.

That, is something which utilizes property of etching that the property of isotropy etching that and protruding in angle it is processed is excised in uniform portion which is done more is processed is excised.

With that, after designating core as mesa shape, with simple method that, protruding in angle administers isotropic etching, portion which is done can be designated as gentle curved surface.

【0090】

In addition, in optical waveguide in embodiment of first~third which the description above as for cross section shape of core 22 of optical waveguide, when the stacking of true circle which is agreeable was thought in cross section and the maximum, sum total of surface area of portion which is not piled up with cross section and true circle, becomes 14% of true circle even with maximum is done.

This way because non- abutting aspect it is decreased in comparison with past, light leak which from difference of cross section shape in the connecting part it occurs in unavoidable being held down, you can say that it can decrease connection loss.

【0091】

[Working Example(s)]

Below, with Working Example, because there is an example which formed the optical waveguide which is stated in above-mentioned second embodiment, actually, you explain concretely concerning formation method.

Furthermore adopted equipment and used material and numerical value condition which are expressed with Working Example below are no more than a one example inside range of this invention.

Therefore, this invention, is not limited in adopted equipment and used material and numerical value condition below.

Furthermore, here, it produced optical waveguide which possesses core where core upper side amount is mesa shape of point.

【0092】

図 3~図 6 および図 8 は、前述の実施の形態の説明で参照した光導波路の製造工程の図である。

以下、これらの図を参照して、基板にシリコンウエハを用い、かつコアとクラッド層とが酸化シリコンからなるものとしたこの発明の光導波路の製造方法につき説明する。

【0093】

まず、シリコンウエハの基板 12 を、純水により 1%に希釈したフッ化水素酸溶液により 20 秒間洗浄した。

続いて純水により洗浄した(図 3(A)および図 3(F))。

【0094】

次に、スピコートを用いて、基板 12 の上にレジスト 30 を約 $1\mu\text{m}$ の厚さで塗布した(図 3(B)および図 3(G))。

【0095】

次に、レジスト 30 を塗布した基板 12 を温度 90 deg C の恒温槽に 10 分間入れた後、水銀ランプの i 線を用いた縮小投影露光装置内に溝形成用マスク 40 と基板 12 とを設置して、所定の露光量照射した(図 3(C)および図 3(H))。

【0096】

続いて、露光済みのレジスト 30 を現像したのち、残存したレジストを有する基板 12 を温度 80 deg C の恒温槽に 10 分間入れることにより、基板 12 の上に直線光導波路の溝形成用レジストパターン 34 が形成された(図 3(D)および図 3(I))。

【0097】

次に、一般的に広く用いられている反応性イオンエッチング装置のチャンバ内に、レジストパターン 34 が形成された基板 12 を洗浄してから設置した。

ロータリーポンプにより、チャンバ内の圧力が 1Pa となるまで排気したのち、ターボ分子ポンプにより、圧力 $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$ まで排気した。

次に、 CCl_2F_2 をチャンバ内に 100sccm の流量で導入した。

ただし、この CCl_2F_2 は環境の問題から、例えば $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ としても良い。

次にチャンバ内の圧力を 2Pa に保持して、周波数 13.56MHz の高周波を $1\text{W}/\text{cm}^2$ の電力密度

Figure 3~Figure 6 and Figure 8 are figure of production step of optical waveguide which refers to being an explanation of aforementioned embodiment.

Below, referring to these figures, you explain to substrate concerning manufacturing method of optical waveguide of this invention which is done at sametime core and cladding layer consist of silicon oxide making use of the silicon wafer.

[0093]

First, 20 second you washed with hydrofluoric acid solution which is diluted in 1% the substrate 12 of silicon wafer, with pure water .

Consequently you washed with pure water (Figure 3 (A) and Figure 3 (F)).

[0094]

Next, on substrate 12 resist 30 coating fabric was done with thickness of approximately $1\mu\text{m}$ making use of spin coating, (Figure 3 (B) and Figure 3 (G)).

[0095]

Next, substrate 12 which resist 30 coating fabric is done 10 min after inserting in constant temperature tank of temperature 90 deg C, installing mask 40 and substrate 12 for groove formation inside reducing projection aligner which uses i-line of the mercury lamp, predetermined exposure dose it irradiated (Figure 3 (C) and Figure 3 (H)).

[0096]

Consequently, after developing exposed resist 30, resist pattern 34 for groove formation of straight line optical waveguide was formed on substrate 12 group board 12 which possesses resist which remains by 10 min inserting in constant temperature tank of the temperature 80 deg C, (Figure 3 (D) and Figure 3 (I)).

[0097]

After washing substrate 12 where resist pattern 34 was formed inside chamber of reactive ion etching equipment which next and generally is used widely, it installed.

Depending upon rotary pump , until pressure inside chamber becomes 1 Pa, exhaust it did to pressure $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$ exhaust after doing, with the turbomolecular pump .

Next, CCl_2F_2 was introduced into chamber with flow of 100 sccm.

However, this CCl_2F_2 from problem of environment, as for example $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ is good.

Keeping pressure inside chamber next in 2 Pa, applying doing high frequency of frequency 13.56 MHz with electrical

で印加してエッチングを行ったところ、溝形成用レジストパターン 34 をマスクとして、基板 12 がエッチングされた(図 3(E)および図 3(J))。

【0098】

4 時間後に、高周波の放電および CCl_2F_2 の導入を止めたのち、ロータリーポンプおよびターボ分子ポンプを順次に用いて、チャンバ内を圧力 $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$ まで排気した。

排気後、チャンバ内に窒素を導入し大気圧とした後、エッチング済みの基板 12 を取り出した。

次に一般的に広く使用されている酸素プラズマアッシャー法と、硫酸および過酸化水素を 3:1 に混合した温度 100 deg C の溶液による洗浄とにより、溝形成用レジストパターン 34 を剥離した。

その後、エッチング済みの基板 12 を純水により洗浄した。

このようにして、基板 12 の表面に、幅約 $48\mu\text{m}$ 、長さ約 20mm、深さ約 $28\mu\text{m}$ の矩形の溝 36 が形成された(図 4(A)および図 4(E))。

【0099】

続いて、溝 36 が形成された基板 12 を、純水により 5 パーセントに希釈したフッ化水素酸溶液により 20 秒間洗浄した。

その後、この基板 12 を純水により洗浄して、一般的に広く用いられている平行平板型プラズマ CVD 装置のチャンバ内にこの基板 12 を設置した。

平行平板型プラズマ CVD 装置は、原料ガスをチャンバ内に導入するシャワー電極と、この基板 12 を加熱するステージが対を成す構造となっている。

基板 12 は基板温度が 400 deg C となるまで加熱した。

チャンバ内をロータリーポンプにより圧力 1Pa まで排気したのち、ターボ分子ポンプにより圧力 $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ まで排気した。

TRIES を 12sccm、酸素を 400sccm および C_2F_6 を 10sccm なる流量でシャワー電極からチャンバ内にそれぞれ導入した。

なお TRIES は、あらかじめ温度を 80 deg C とし、て気化させておく。

また、 C_2F_6 はクラッド層の屈折率をコアよりも

density of 1 W/cm^2 , when it did etching, substrate 12 etching was done with resist pattern 34 for the groove formation as mask, (Figure 3 (E) and Figure 3 (J)).

【0098】

4 hours later, discharge of high frequency and after stopping the introduction of CCl_2F_2 , using rotary pump and turbomolecular pump for the sequential, exhaust it did inside chamber to pressure $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$.

nitrogen was introduced after exhaust and into chamber and after making atmospheric pressure, etched straw raincoat substrate 12 was removed.

With oxygen plasma asher— method and resist pattern 34 for groove formation it peeled off with solution of temperature 100 deg C which 3: mixes sulfuric acid and hydrogen peroxide to 1 washing which is used next generally widely with.

After that, etched straw raincoat substrate 12 was washed with pure water.

This way, in surface of substrate 12, slot 36 of rectangular of the width approximately $48\mu\text{m}$, length approximately 20 mm, depth approximately $28\mu\text{m}$ was formed (Figure 4 (A) and Figure 4 (E)).

【0099】

Consequently, 20 second you washed with hydrofluoric acid solution which is diluted in 5 percent substrate 12 where slot 36 was formed, with pure water.

After that, washing this substrate 12 with pure water, it installed this substrate 12 inside chamber of parallel flat plate type plasma CVD equipment which is widely used generally.

parallel flat plate type plasma CVD equipment has become structure where stage which heats shower electrode and this substrate 12 which introduce starting material gas into chamber forms opposite.

Until substrate temperature becomes 400 deg C, it heated substrate 12.

exhaust it did to pressure $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ inside chamber with rotary pump the exhaust after doing, with turbomolecular pump to pressure 1 Pa.

TRIES 12 sccm, oxygen 400 sccm and C_2F_6 with flow which becomes 10 sccm respectively from shower electrode were introduced into the chamber.

Furthermore TRIES evaporates beforehand with temperature as 80 deg C.

In addition, C_2F_6 is used in order to make low index of

低くするために用いられている。

チャンバ内の圧力を 30Pa に保持し、13.56MHz の高周波をシャワー電極とステージとの間に電力密度 $1.5\text{W}/\text{cm}^2$ で印加して成膜を行った。

チャンバ内にプラズマが発生し、3時間30分で、基板 12 の表面に厚さ約 $20\mu\text{m}$ および屈折率 1.452 である下部クラッド層 18 が、表面に谷状の窪み 38 を有するように、形成された(図 4(B)および図 4(F))。

【0100】

次に、前述の平行平板型プラズマ CVD 装置のチャンバ内の、下部クラッド層 18 が形成された基板 12 を、基板温度が 400 deg C となるまで加熱した。

チャンバ内をロータリーポンプにより圧力 1Pa まで低下させた後、ターボ分子ポンプにより圧力 $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ まで排気した。

TRIES を 12sccm および酸素を 400sccm なる流量でシャワー電極からチャンバ内にそれぞれ導入した。

なお TRIES は、あらかじめ温度を 80 deg C として気化させておいた。

チャンバ内の圧力を 30Pa に保持し、13.56MHz の高周波をシャワー電極とステージとの間に電力密度 $1.5\text{W}/\text{cm}^2$ で印加した。

チャンバ内にプラズマが発生して、1 時間 10 分で下部クラッド層 18 の上に層の厚さ約 $8\mu\text{m}$ および屈折率 1.456 であるコア層 20 が形成された(図 4(C)および図 4(G))。

【0101】

続いて、コア層 20 が形成された基板 12 を、純水により 1% に希釈したフッ化水素酸溶液により 20 秒間洗浄したのち、純水で洗浄した。

そして、スピンコートを用いてコア層 20 の上にレジスト 31 を厚さ約 $1\mu\text{m}$ で塗布した(図 4(D)および図 4(H))。

【0102】

次に、レジスト 31 が塗布された基板 12 を温度 90 deg C の恒温槽に 10 分間入れた後、基板 12 と光ファイバー装着部用マスク 62 とを水銀ランプの i 線を用いた縮小投影露光装置内に設置して、レジスト 31 に i 線を所定の露光量照射した(図 5(A)および図 5(E))。

refraction of the cladding layer in comparison with core .

pressure inside chamber was kept in 30 Pa, high frequency of 13.56 MHz between shower electrode and stage applying was done with the electrical density $1.5\text{ W}/\text{cm}^2$ and film formation was done.

plasma occurred inside chamber, in order with 3 hours 30 min, bottom cladding layer 18 which is thickness approximately $20\mu\text{m}$ and a index of refraction 1.452 in surface of substrate 12, to possess cavity 38 of valley condition in surface, was formed (Figure 4 (B) and Figure 4 (F)).

【0100】

Until next, substrate 12 where, bottom cladding layer 18 inside chamber of the aforementioned parallel flat plate type plasma CVD equipment was formed, substrate temperature becomes 400 deg C , it heated.

Inside chamber exhaust it did to pressure $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ with rotary pump after decreasing, with turbomolecular pump to pressure 1 Pa.

TRIES 12 sccm and oxygen with flow which becomes 400 sccm respectively from shower electrode were introduced into chamber.

Furthermore TRIES evaporated beforehand with temperature as 80 deg C .

pressure inside chamber was kept in 30 Pa, high frequency of 13.56 MHz between shower electrode and stage applying was done with the electrical density $1.5\text{ W}/\text{cm}^2$.

plasma occurring inside chamber, core layer 20 which with 1 hour 10 min is thickness approximately $8\mu\text{m}$ and a index of refraction 1.456 of layer on bottom cladding layer 18 was formed (Figure 4 (C) and Figure 4 (G)).

【0101】

Consequently, 20 second after washing, you washed with pure water with hydrofluoric acid solution which is diluted in 1% substrate 12 where core layer 20 was formed, with pure water .

On core layer 20 resist 31 coating fabric was done with thickness approximately $1\mu\text{m}$, and, making use of spin coating (Figure 4 (D) and Figure 4 (H)).

【0102】

Next, resist 31 substrate 12 which coating fabric is done 10 min after inserting in constant temperature tank of temperature 90 deg C , installing substrate 12 and mask 62 for optical fiber mounting part inside reducing projection aligner which uses i-line of the mercury lamp, i-line predetermined exposure dose was irradiated to resist 31 (Figure 5 (A) and Figure 5 (E)).

【0103】

続いて、露光済みのレジスト 31 を現像して、残存したレジスト 31 を有する基板 12 を温度 80 deg C の恒温槽に 10 分間入れて、コア層 20 の上に直線光導波路の光ファイバー装着部用レジストパターン 42 を形成した(図 5(B)および図 5(F))。

【0104】

次に、一般的に広く用いられている反応性イオンエッチング装置のチャンバ内に光ファイバー装着部用レジストパターン 42 が形成された基板 12 を設置した。

続いて、ロータリーポンプにより、チャンバ内の圧力が 1Pa となるまで排気した後、ターボ分子ポンプにより、圧力 1×10^{-3} Pa となるまで排気した。

続いて、CHF₃ をチャンバ内に 100sccm の流量で導入した。

次に、チャンバ内の圧力を 2Pa に保持し、周波数 13.56MHz の高周波を 1W/cm² の電力密度で印加してコア層 20 および下部クラッド層 18 に対しエッチングを行った。

すると、光ファイバー装着部用レジストパターン 42 をマスクとして、 β - β 断面におけるコア層 20 および下部クラッド層 18 の、レジストパターン 42 の領域外の部分がエッチングされた(図 5(C)および図 5(G))。

なお、このエッチングでは、シリコンと酸化シリコンとの選択的なエッチングを行ったため、基板 12 はほとんどエッチングされなかった。

【0105】

40 分後に、高周波の放電および CHF₃ の導入を止め、ロータリーポンプおよびターボ分子ポンプを順次に用いて、チャンバ内を圧力 1×10^{-3} Pa まで排気した。

排気後、チャンバ内に窒素を導入し大気圧とした後、基板 12 を取り出した。

次に、一般的に広く使用されている酸素プラズマアッシャー法と、硫酸および過酸化水素を 3:1 に混合した温度 100 deg C の溶液による洗浄とにより、光ファイバー装着部用レジストパターン 42 を剥離した。

最後に、純水により洗浄した。

このようにして、光ファイバー装着部(β - β 断面

Figure 5 (E)).

【0103】

Consequently, developing exposed resist 31, 10 min inserting group board 12 which possesses resist 31 which remains in constant temperature tank of temperature 80 deg C, it formed resist pattern 42 for optical fiber mounting part of straight line optical waveguide on core layer 20 (Figure 5 (B) and Figure 5 (F)).

【0104】

substrate 12 where resist pattern 42 for optical fiber mounting part was formed inside chamber of reactive ion etching equipment which next and generally is used widely was installed.

Consequently, until pressure inside chamber becomes 1 Pa, depending upon rotary pump, until it becomes pressure 1×10^{-3} Pa, exhaust after doing, depending upon turbomolecular pump, exhaust it did.

Consequently, CHF₃ was introduced into chamber with flow of 100 sccm.

Next, pressure inside chamber was kept in 2 Pa, high frequency of the frequency 13.56 MHz applying was done with electrical density of 1 W/cm² and the etching was done vis-a-vis core layer 20 and bottom cladding layer 18.

When it does, with resist pattern 42 for optical fiber mounting part as mask, the;be -, the portion outside domain of resist pattern 42 of core layer 20 and bottom cladding layer 18 in the;be cross section was done etching, (Figure 5 (C) and Figure 5 (G)).

Furthermore, with this etching, because selective etching of silicon and the silicon oxide was done, etching it did not do substrate 12 for most part.

【0105】

40 min later, it stopped discharge of high frequency, and the introduction of CHF₃ used rotary pump and turbomolecular pump for sequential, exhaust did inside chamber to pressure 1×10^{-3} Pa.

nitrogen was introduced after exhaust and into chamber and after making atmospheric pressure, substrate 12 was removed.

With oxygen plasma asher— method and resist pattern 42 for optical fiber mounting part it peeled off with solution of temperature 100 deg C which 3: mixes sulfuric acid and hydrogen peroxide to 1 washing which next and generally is used widely with.

Lastly, you washed with pure water.

This way, optical fiber mounting part (The;be - portion which

で示す部分)が形成された(図 5(D)および図 5(H))。

【0106】

続いて、光ファイバー装着部 56 が形成された基板 12 の表面を含む、残存しているコア層 20 の表面に、スピンコート法を用いてレジスト 33 を $1\text{ }\mu\text{m}$ の厚さに塗布した(図 6(A)および図 6(E))。

【0107】

次に、レジスト 33 が塗布された基板 12 を温度が 90 deg C の恒温槽に 10 分間入れた。

続いて、コア層 20 を加工してコア 22 を得るためのコア形成用マスク 44 とその基板 12 とを縮小投影露光装置内に設置してから互いの位置合わせを行って、レジスト 33 に対して水銀ランプの i 線を所定の露光量照射した(図 6(B)および図 6(F))。

【0108】

そして、露光済みのレジスト 33 を現像した後、温度 80 deg C の恒温槽に 10 分間入れることにより、コア層 20 の表面にコア形成用レジストパターン 46 が形成された(図 6(C)および図 6(G))。

【0109】

次に、コア層 20 をエッチングして順テーパ形状のコア 22 を形成するために、一般的に広く用いられている反応性イオンエッチング装置のチャンバ内にコア形成用レジストパターン 46 を形成した基板 12 を設置した。

続いて、ロータリーポンプおよびターボ分子ポンプを順次に用いて、チャンバ内の圧力を $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$ まで排気した。

CHF_3 をチャンバ内に 100sccm の流量で導入した。

そして、チャンバ内の圧力を 2Pa に保持し、および周波数 13.56MHz の高周波を $1\text{W}/\text{cm}^2$ の電力密度で印加してコア層 20 のエッチングを行った。

するとコア形成用レジストパターン 46 をマスクとして、コア層 20 がエッチングされた(図 6(D)および図 6(H))。

【0110】

40 分後に、高周波の放電および CHF_3 の導入を止め、ロータリーポンプおよびターボ分子ポンプを順次に用いて、チャンバ内を圧力 $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$

is shown with the;be cross section) was formed (Figure 5 (D) and Figure 5 (H)).

[0106]

Consequently, in surface of core layer 20 which includes surface of substrate 12 where optical fiber mounting part 56 was formed, has remained, resist 33 thecoating fabric was done in thickness of $1\text{ }\mu\text{m}$ making use of the spin coating method, (Figure 6 (A) and Figure 6 (E)).

[0107]

Next, resist 33 substrate 12 which coating fabric is done temperature 10 min was inserted in constant temperature tank of 90 deg C .

Consequently, processing core layer 20, after installing mask 44 and the substrate 12 for core formation in order to obtain core 22 inside reducing projection aligner doing mutual alignment , predetermined exposure dose it irradiated i-line of mercury lamp vis-a-vis resist 33 (Figure 6 (B) and Figure 6 (F)).

[0108]

resist pattern 46 for core formation was formed to surface of core layer 20 and,after developing exposed resist 33, by 10 min inserting in constant temperature tank of the temperature 80 deg C , (Figure 6 (C) and Figure 6 (G)).

[0109]

Next, etching doing core layer 20, in order to form core 22 of thesequential taper shape, it installed substrate 12 which formed resist pattern 46 for core formation inside chamber of reactive ion etching equipment which is widely usedgenerally.

Consequently, using rotary pump and turbomolecular pump for sequential, exhaust it did pressure inside chamber to $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$.

CHF_3 was introduced into chamber with flow of 100 sccm .

And, pressure inside chamber was kept in 2 Pa , and high frequency of frequency 13.56 MHz applying was done with electrical density of $1\text{ W}/\text{cm}^2$ and etching of core layer 20 was done.

When it does, core layer 20 etching was done with resist pattern 46 for the core formation as mask, (Figure 6 (D) and Figure 6 (H)).

[0110]

40 min later, it stopped discharge of high frequency, and theintroduction of CHF_3 used rotary pump and turbomolecular pump for sequential,exhaust did inside

まで排気した。

排気後、チャンバ内に窒素を導入し大気圧とした後、基板 12 を取り出した。

このエッチングにより、コア層 20 はエッチングされて順テーパ形状のコア 22 が形成された(図 8(A)および図 8(D))。

[0111]

次に、一般的に広く使用されている酸素プラズマアッシャー法と、硫酸および過酸化水素を 3:1 に混合した温度 100 deg C の溶液による洗浄とによりコア形成用レジストパターン 46 を剥離した。

続いて、コア 22 が形成された基板 12 を純水により洗浄した。

そして、この光導波路 28 に光ファイバー48 を接続するために、光ファイバー48 を溝 36 に設置した。

このとき、紫外線硬化接着剤により、光ファイバー48 を接着して固定した(図 8(B)および図 8(E))。

[0112]

続いて、下部クラッド層 18 の形成に用いたプラズマ CVD 装置のチャンバ内に、これらの手順を経た基板 12 を設置した。

この上部クラッド層 26 の形成工程は、基板 12 を加熱しないで行った。

チャンバ内をロータリーポンプにより圧力 1Pa とするまで排気したのち、ターボ分子ポンプを用いて圧力 1×10^{-5} Pa まで排気した。

TRIES を 12sccm、酸素を 400sccm および C_2F_6 を 10sccm なる流量でシャワー電極からチャンバ内へ導入した。

なお TRIES は、あらかじめ温度を 80 deg C とし て気化させておいた。

チャンバ内の圧力を 30Pa に保持して、13.56MHz の高周波をシャワー電極とステージとの間に電力密度 1.5 W/cm^2 で印加して成膜を行った。

チャンバ内にプラズマが発生し、3 時間 30 分で、下部クラッド層 18、コア 22、光ファイバー48 および基板 12 を覆うように、厚さ約 $20 \mu\text{m}$ および屈折率 1.452 の上部クラッド層 26 が形成された(図 8(C)および図 8(F))。

[0113]

chamber to pressure 1×10^{-3} Pa.

nitrogen was introduced after exhaust and into chamber and aftermaking atmospheric pressure , substrate 12 was removed.

By this etching , as for core layer 20 etching being done, core 22 of thesequential taper shape was formed (Figure 8 (A) and Figure 8 (D)).

[0111]

With oxygen plasma asher— method and resist pattern 46 for core formation it peeled off with solution of temperature 100 deg C which 3: mixes sulfuric acid and hydrogen peroxide to 1 washing which next and generally is used widely with.

Consequently, substrate 12 where core 22 was formed was washed with the pure water .

And, in order to connect optical fiber 48 to this optical waveguide 28, optical fiber 48 was installed in slot 36.

This time, with ultraviolet light curing adhesive , glueing optical fiber 48, it locked (Figure 8 (B) and Figure 8 (E)).

[0112]

Consequently, inside chamber of plasma CVD equipment which is used for theformation of bottom cladding layer 18, substrate 12 which passes these protocol was installed.

Without heating substrate 12, it did formation process of this upper part cladding layer 26.

Inside chamber until it becomes pressure 1 Pa, depending upon rotary pump exhaust it did to pressure 1×10^{-5} Pa exhaust after doing, making use of the turbomolecular pump.

TRIES 12 sccm、 oxygen 400 sccm and C_2F_6 with flow whichbecomes 10 sccm were introduced from shower electrode to inside chamber.

Furthermore TRIES evaporated beforehand with temperature as 80 deg C.

Keeping pressure inside chamber in 30 Pa, between shower electrode and stage applying doing high frequency of 13.56 MHz with electrical density 1.5 W/cm^2 , it did film formation .

plasma occurred inside chamber, in order with 3 hours 3 0 min, to cover bottom cladding layer 18、 core 22、 optical fiber 48 and substrate 12, thickness approximately $20 \mu\text{m}$ and the upper part cladding layer 26 of index of refraction 1.452 were formed (Figure 8 (C) and Figure 8 (F)).

[0113]

以上の工程で、コア下側部分が曲面となっていて、かつコア上側部分が先細のメサ形状となっているコア 22 を有する光導波路 28 が形成された。

[0114]

このように、コア下側部分を曲面とするための溝 36 を、光ファイバー装着溝としても用いているので、光ファイバーコア 50 と光導波路 28 のコア 22 との、それぞれの光軸の角度および位置を自己整合的に合わせることができ、接続損失を低減した光導波路を得ることができる。

また、光導波路 28 のコア 22 の形状が、光ファイバーコア 50 の円形の形状に近くなっているため、モード変換による接続損失と、形状の違いから必然的に向き合わない非衝合面における光の漏れとによる接続損失を低減することができる。

また、酸化シリコンでコア 22 およびクラッド層 32(下部クラッド層 18 および上部クラッド層 26)を形成しているため、伝搬損失も低減することができる。

[0115]

なお、この実施例により製造された光導波路の伝搬損失および接続損失を測定したが、伝搬損失は 0.01dB/cm 以下となり、かつ接続損失は 0.1dB/cm 以下となった。

どちらも測定限度よりも小さく厳密な測定は不可能であった。

しかし、この実施例により製造された光導波路は、従来の光導波路に比べ、必然的に生じる非衝合面における光漏れによる損失、光軸のずれにより生じる光漏れによる損失、およびモード変換による損失の低減が実現されていることは明らかである。

[0116]

また、この実施例により製造された光導波路 28 において、先細のメサ形状のコア 22 の断面は、この断面と最大に重なり合う真円を考えた場合、コア 22 の断面と真円との重なり合わない部分の面積の和が、この真円の全体の面積の約 10%となる形状であった。

[0117]

【発明の効果】

With step above, core underside portion having become curved surface, optical waveguide 28 which possesses core 22 where at same time core upper side amount becomes mesa shape of point was formed.

[0114]

This way, with slot 36 in order to designate core underside portion as curved surface, as optical fiber mount slot because it has used, because adjusts, the angle and position of respective optical axis of optical fiber core 50 and core 22 of optical waveguide 28 to self-aligning and is possible, optical waveguide which decreases connection loss can be acquired.

In addition, because shape of core 22 of optical waveguide 28, it becomes close in shape of round of optical fiber core 50, with mode conversion with connection loss and a leak of light in non-abutting aspect to face inevitably from difference of shape connection loss can be decreased.

In addition, because core 22 and cladding layer 32 (bottom cladding layer 18 and upper part cladding layer 26) are formed with the silicon oxide, it can decrease also propagation loss.

[0115]

Furthermore, propagation loss and connection loss of optical waveguide which is produced by this Working Example were measured, but propagation loss became 0.01 dB/cm or less, at same time connection loss became 0.1 dB/cm or less.

To be small precise measurement was impossible both in comparison with measurement limit.

But, as for optical waveguide which is produced by this Working Example, it loses with light leak in non-abutting aspect which it occurs inevitably in comparison with conventional optical waveguide, it loses with light leak which it occurs due to gap of optical axis, and it is clear for decrease of loss to be actualized with mode conversion.

[0116]

In addition, as for cross section of core 22 of mesa shape of point, when stacking of true circle which is agreeable was thought in this cross section and maximum, sum total of surface area of portion which is not piled up with cross section and true circle of core 22, was shape which becomes approximately 10% of surface area of entirety of this true circle in optical waveguide 28 which is produced by this Working Example.

[0117]

[Effects of the Invention]

上述した説明からも明らかなように、この発明の光導波路によれば、光導波路のコアの断面形状を、光導波路に接続予定のものの曲面を有する光導波層の断面形状、典型的には光ファイバーのコアの円形または楕円形の断面形状に近くすることができるため、接続損失を低減した光導波路を得ることができる。

【0118】

また、この光導波路のコア下側部分を曲面とするための溝を光ファイバー装着溝としても用いることで、光ファイバーの無調芯で、かつ接続損失を低減した高精度実装が可能となる。

【0119】

また、それら光導波路の製造も簡単に行うことが可能なため、量産性や実用性に富む。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1~第3の実施の形態の説明に供する、それぞれの光導波路を、その延在方向に垂直な面で切って取ったそれぞれの断面の切り口を示す図である。

【図2】

第1の実施の形態の説明に供する、上部クラッド層を取り除いた光導波路の、斜視図と、その上面図および正面図とを示す図である。

【図3】

第6~第8の実施の形態の説明に供する、図2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その1)である。

【図4】

第6~第8の実施の形態の説明に供する、図2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その2)である。

【図5】

第6~第8の実施の形態の説明に供する、図2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その3)である。

As been clear even from explanation which description above is done, according to optical waveguide of this invention, cross section shape of core of optical waveguide, in cross section shape, typical of optical waveguiding layer which possesses the curved surface of those of connection schedule in optical waveguide because it can maketo cross section shape of round or elliptical of core of optical fiber close, optical waveguide which decreases connection loss can be acquired.

【0118】

In addition, with slot in order to designate core underside portion of this optical waveguide as curved surface as optical fiber mount slot by fact that it uses, with non centering of optical fiber, high precision mount which at sametime decreases connection loss becomes possible.

【0119】

In addition, because also it produces those optical waveguide simply and it is possible, it is rich to mass productivity and practicality.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1]

It offers to explanation of embodiment of first~third, in extension direction cutting respective optical waveguide, with perpendicular plane, it is a figure which shows cut of respective cross section which you take.

[Figure 2]

It is, a oblique view and top view of optical waveguide which it offers to the explanation of first embodiment, removes upper part cladding layer and a figure which shows front view .

[Figure 3]

It offers to explanation of embodiment of 6 th~8th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 1) of conceptual optical waveguide.

[Figure 4]

It offers to explanation of embodiment of 6 th~8th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 2) of conceptual optical waveguide.

[Figure 5]

It offers to explanation of embodiment of 6 th~8th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 3) of conceptual optical waveguide.

【図6】

第 6~第 8 の実施の形態の説明に供する、図 2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その 4)である。

【図7】

第 6 の実施の形態の説明に供する、図 2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その 5)である。

【図8】

第 7 の実施の形態の説明に供する、図 2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その 5)である。

【図9】

第 8 の実施の形態の説明に供する、図 2(D)の α - α 線と β - β 線とに沿って切って取ったそれぞれの断面の切り口を示した、概略的な光導波路の製造工程図(その 5)である。

【図10】

従来の光導波路の製造方法の概略的な工程断面図である。

【符号の説明】

10

酸水素バーナ

12

基板

14

下部クラッド層となるガラス微粒子層

16

コア層となるガラス微粒子層

18

下部クラッド層

20

コア層

conceptual optical waveguide.

[Figure 6]

It offers to explanation of embodiment of 6 th~8th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 4) of conceptual optical waveguide.

[Figure 7]

It offers to explanation of embodiment of 6 th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 5) of conceptual optical waveguide.

[Figure 8]

It offers to explanation of embodiment of 7 th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 5) of conceptual optical waveguide.

[Figure 9]

It offers to explanation of embodiment of 8 th, cut of the respective cross section which is taken the;al of Figure 2 (D) - the;al -ray and the;be - the;be -ray alongside finishing was shown, it is a production process diagram (That 5) of conceptual optical waveguide.

[Figure 10]

It is a conceptual step sectional view of manufacturing method of conventional optical waveguide.

[Explanation of Symbols in Drawings]

10

acid hydrogen burner

12

substrate

14

glass fine particle layer which becomes bottom cladding layer

16

glass fine particle layer which becomes core layer

18

bottom cladding layer

20

core layer

22	22
コア	core
24	24
上部クラッド層となるガラス微粒子層	glass fine particle layer which becomes upper part cladding layer
26	26
上部クラッド層	upper part cladding layer
28	28
光導波路	optical waveguide
30	30
レジスト	resist
31	31
レジスト	resist
32	32
クラッド層	cladding layer
33	33
レジスト	resist
34	34
溝形成用レジストパターン	resist pattern for groove formation
36	36
溝(光ファイバー装着溝)	slot (optical fiber mount slot)
38	38
谷状の窪み	cavity of valley condition
40	40
溝形成用マスク	mask for groove formation
42	42
光ファイバー装着部用レジストパターン	resist pattern for optical fiber mounting part
44	44
コア形成用マスク	mask for core formation
46	46
コア形成用レジストパターン	resist pattern for core formation
48	48
光ファイバー	optical fiber
50	50
光ファイバーのコア(光ファイバーコア)	core of optical fiber (optical fiber core)

52

光ファイバーのクラッド層

52

cladding layer of optical fiber

54

光ファイバーの外皮

54

sheath of optical fiber

56

光ファイバー装着部

56

optical fiber mounting part

58

露光していることを示す

58

It has exposed, it shows

60

エッチングしていることを示す

60

etching it has done, it shows

62

光ファイバー装着部用マスク

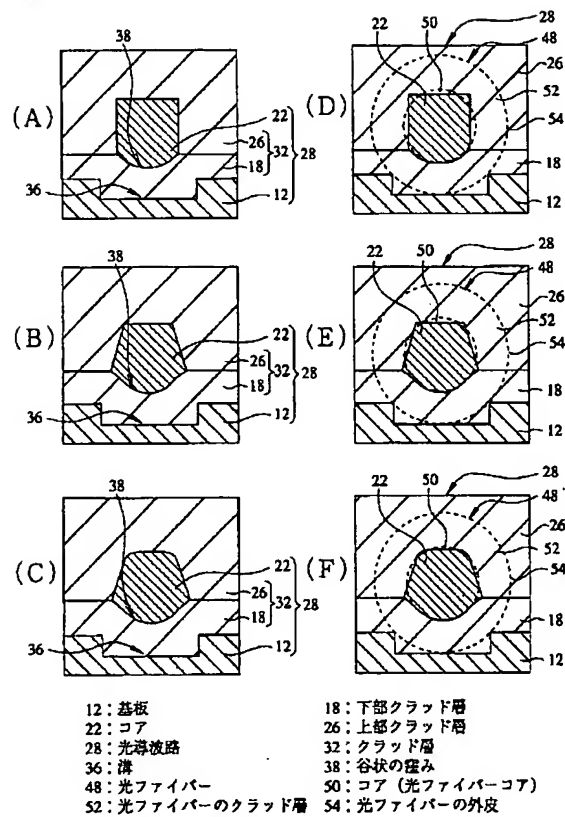
62

mask for optical fiber mounting part

Drawings

【図1】

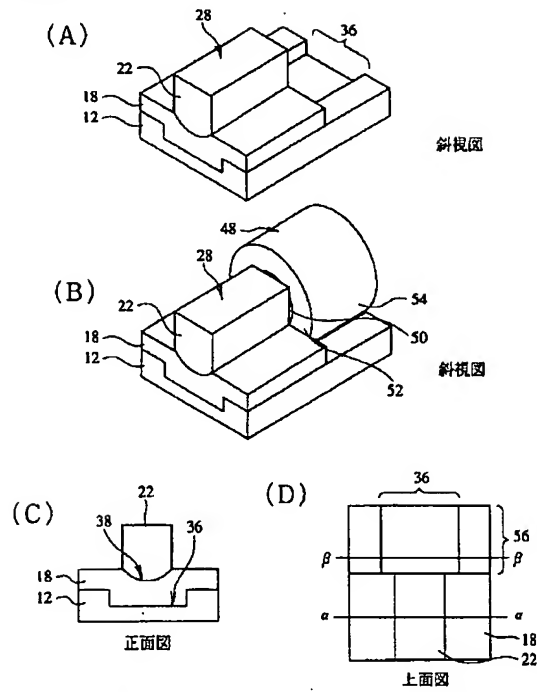
[Figure 1]



第1～第3の実施形態の形態の光導波路

【図2】

[Figure 2]

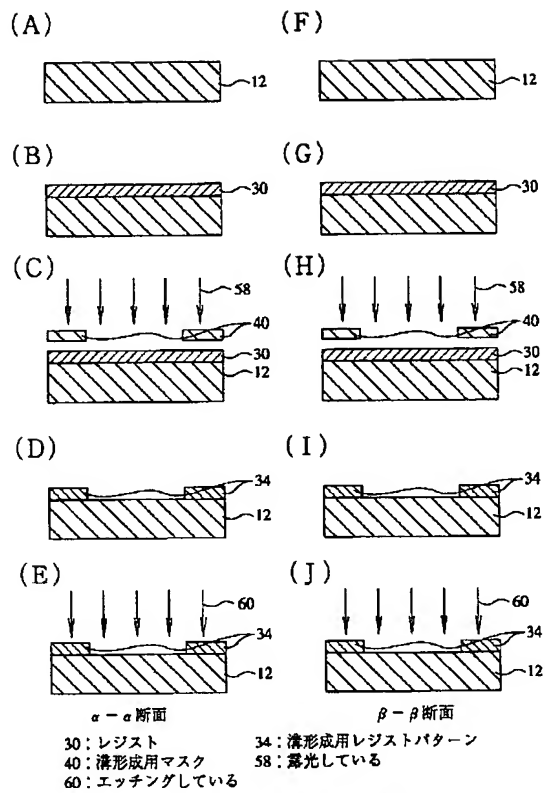


36: 溝 (光ファイバー装着溝) 56: 光ファイバー装着部

第1の実施の形態の光導波路

【図3】

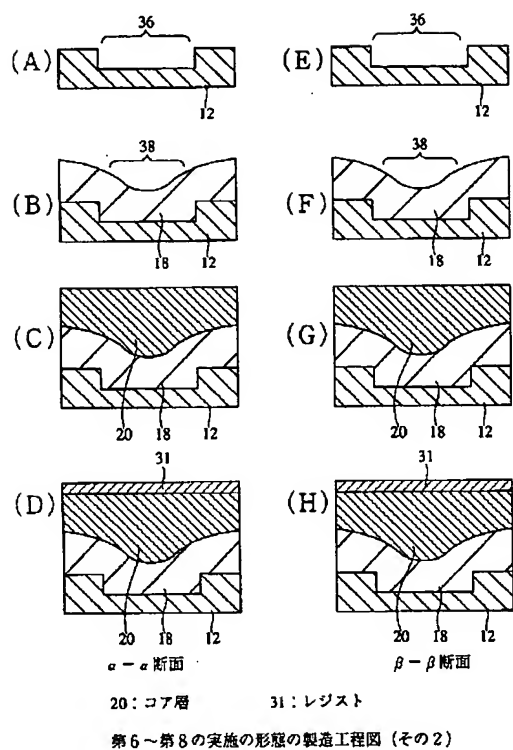
[Figure 3]



第6～第8の実施の形態の製造工程図（その1）

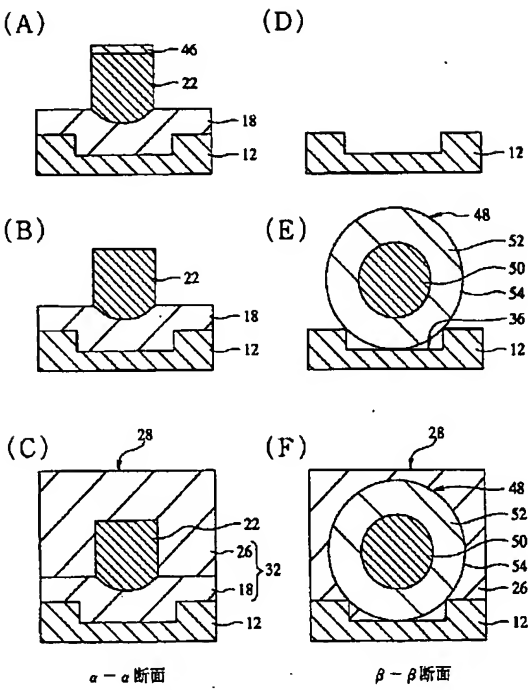
【図4】

[Figure 4]



【図7】

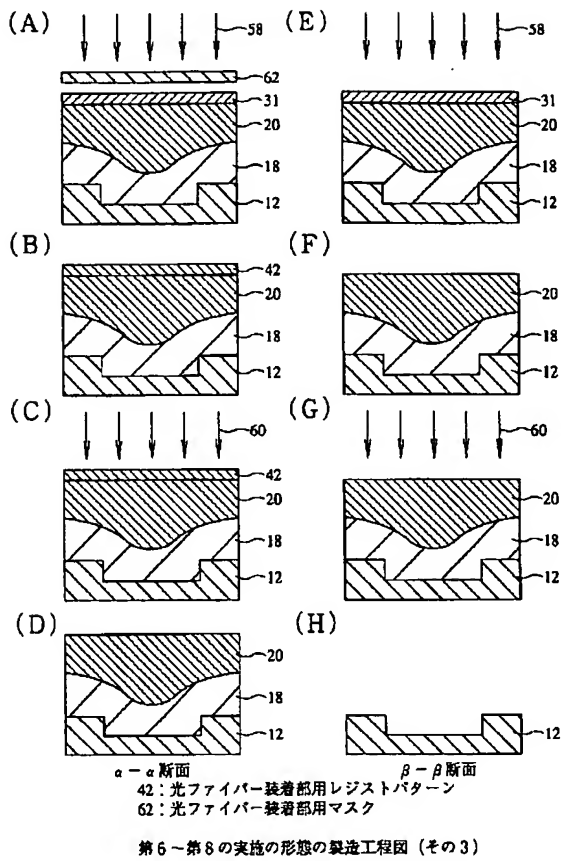
[Figure 7]



第6の実施の形態の製造工程図 (その5)

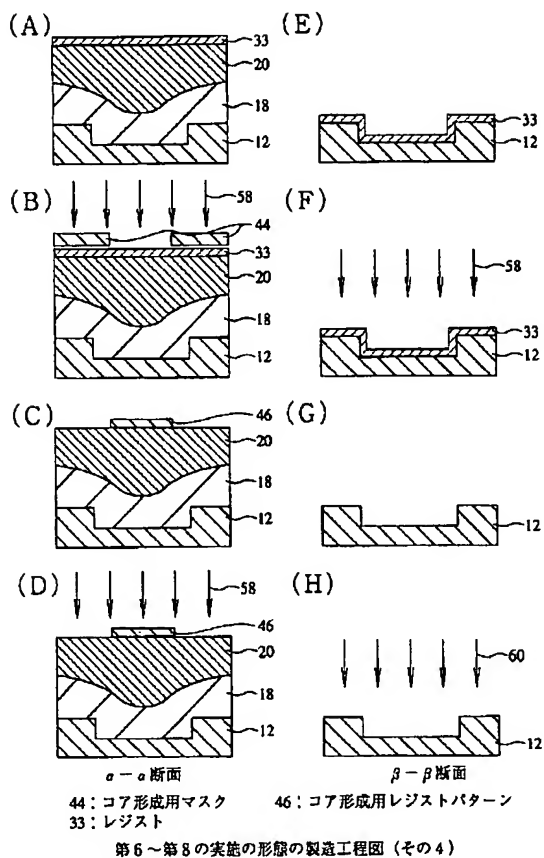
【図5】

[Figure 5]



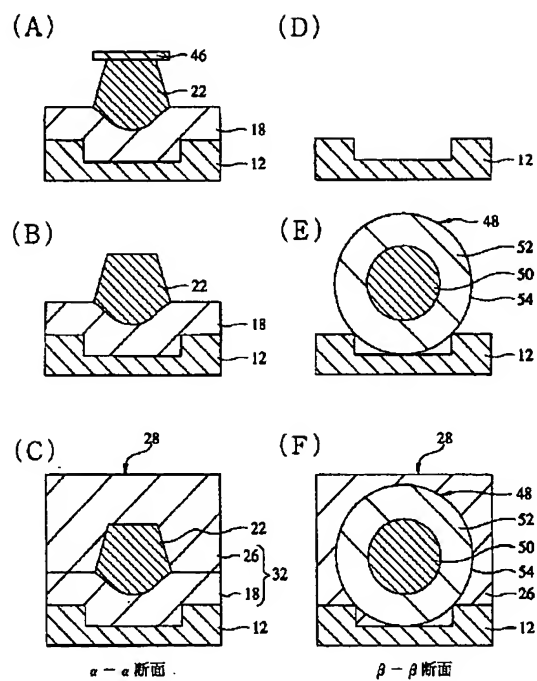
【図6】

[Figure 6]



【図8】

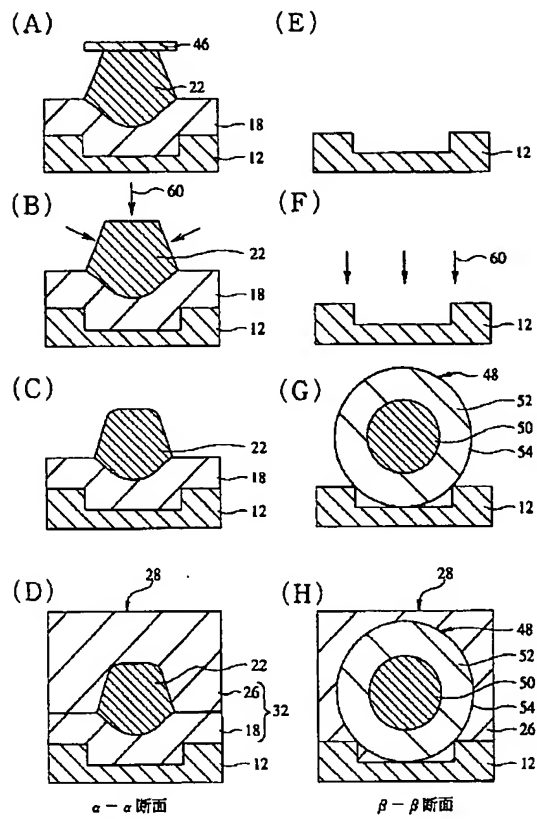
[Figure 8]



第7の実施の形態の製造工程図（その5）

【図9】

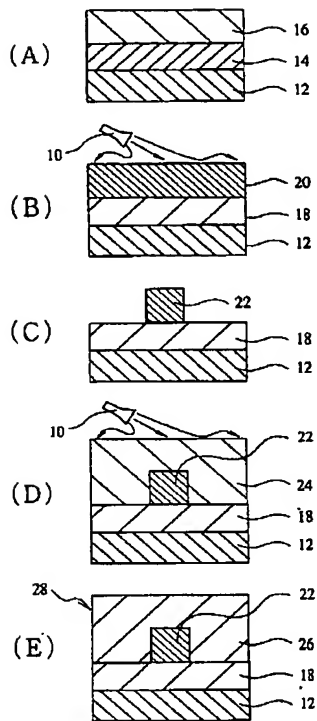
[Figure 9]



第8の実施の形態の製造工程図（その5）

【図10】

[Figure 10]



10：酸水素パーナ
 14：下部クラッド層となるガラス微粒子層
 16：コア層となるガラス微粒子層
 24：上部クラッド層となるガラス微粒子層
 従来の製造工程図